ISTRUZIONI SCIENTIFICHE PEI VIAGGIATORI
RACCOLTE DAL PROF. A. ISSEL.

ISTRUZIONI

PER FARE

LE OSSERVAZIONI GEOLOGICHE E PALEONTOLOGICHE

PER

A. ISSEL.



ROMA
TIPOGRAFIA EREDI BOTTA
—
1880

GEOLOGIA E PALEONTOLOGIA

PER

A. ISSEL.

PARTE PRIMA.

CONSIDERAZIONI GENERALI.

Ad una persona di coltura ordinaria che si proponesse di imprendere utilmente qualche investigazione geologica consiglieremmo prima di tutto uno studio preliminare della mineralogia (1) e della geologia (2), avvertendo che per questo sono necessarie alcune nozioni fondamentali di chimica generale e di fisica (3). Poscia sarebbe a parer

(1) Vedi la parte delle nostre *Istruzioni* intitolata *Mineralogia.*

(2) Opere utili per chi voglia iniziarsi nella geologia sono, a parer nostro, le seguenti:

Credner, *Traité de géologie et de paléontologie*, trad. par Moniez. — Paris, Savy, 1879:

C. Lyell, *Principes de géologie*, trad. par T. Meulien. — Paris, Langlois et Leclercq, 1846;

C. Lyell, *Elements de géologie ou changements anciens de la terre et de ses habitants*, trad. par Ginestou. — Paris, Garnier frères, 1864;

A. D'Archiac, *Géologie et paléontologie.* — Paris, Savy, 1866;

A. Stoppani, *Corso di geologia.* — Milano, G. Bernardoni e G. Brigola, 1871-74;

G. Omboni, *Nuovi elementi di storia naturale, Geologia.* — Milano, Maisner e C., 1869;

G. Omboni, *Compendio di mineralogia e geologia.* — Milano, Maisner e C., 1871.

N. B. Dei due trattati di Lyell abbiamo indicato le traduzioni francesi perchè più facilmente intese dal lettore italiano. Ma, com'è naturale, da chi conosce la lingua inglese sono da preferirsi le edizioni originali.

(3) Nella chimica è di capitale importanza la cognizione della nomenclatura, della legge degli equivalenti e delle proprietà essenziali di alcuni corpi semplici.

nostro necessario che lo studioso si esercitasse praticamente nella determinazione delle roccie e dei fossili più caratteristici, nella ricognizione dei terreni, nella interpretazione degli spaccati naturali ed artificiali. Tale tirocinio si può fare coll'aiuto di un maestro od anche col solo sussidio di buone opere speciali, e di carte geologiche, visitando le località più istruttive di un paese bene esplorato dai geologi, confrontando col vero le descrizioni che ne furono date, osservando partitamente i terreni più studiati e verificando ogni più minuta particolarità avvertita da altri (1).

Se poi le osservazioni del viaggiatore dovessero limitarsi ad un oggetto speciale, cui avesse rivolto in tempo la propria attenzione, ognuno vede che il prepararsi costerebbe meno tempo e meno fatica.

I còmpiti che un viaggiatore può prefiggersi rispetto alle investigazioni geologiche sono svariatissimi e differiscono evidentemente secondo le cognizioni e le attitudini della persona, secondo il paese che deve percorrere, secondo lo scopo e la durata del viaggio.

Colui che, possedendo la preparazione, di cui abbiamo fatto cenno poco innanzi, debba, a cagion d'esempio, attraversare un largo tratto di continente inesplorato, valicando catene di montagne, passando valli, guadando fiumi, e ciò in uno spazio di tempo breve, rigorosamente stabilito, e non fermandosi più di pochi giorni o di poche ore in ciascuna stazione, potrà determinare all'ingrosso la natura geognostica delle roccie predominanti lungo la sua strada, riconoscere a distanza i vulcani dalla loro forma e segnarne sulla carta la posizione; potrà raccogliere un certo numero di campioni, nei momenti di sosta, ma nulla più. Se il viaggio avesse luogo a piedi e le fermate fossero lunghe e frequenti egli sarà in grado di fissare inoltre i limiti delle varie formazioni lungo la via e di determinarne l'età relativa. Potrà osservare se giacciono sul piano massi erratici, se la valle è sbarrata da antiche morene, se s'incontrano nel paese espandimenti vulcanici, vulcani spenti o in attività, soffioni, salse, mofete, acque termali; sarà in grado di raccogliere molti fatti istruttivi concernenti i mutamenti che avvengono alla superficie terrestre per opera di cause naturali tuttora persistenti. Col tracciare così una specie di itinerario geologico attraverso un paese poco noto il viaggiatore renderà un segnalato servigio alla scienza.

Dato il caso che egli avesse a fare una lunga stazione tra i ghiacci

(1) Gli ufficiali delle marine militari e segnatamente della marina italiana, essendo già versati nelle più ardue discipline matematiche ed avvezzi al metodo scientifico, riusciranno senza dubbio a raggiungere più completamente e più facilmente l'intento.

polari o in prossimità di qualche alta catena montuosa, troverebbe occasione allora di attendere utilmente allo studio dei fenomeni glaciali, al quale peraltro egli dovrebbe essersi da lunga mano apparecchiato. Se invece le circostanze lo conducessero a dimorare per qualche tempo presso un vulcano poco noto, sarebbe questo un motivo per effettuare esatte indagini sulla forma e sulla costituzione del monte ignivomo, sulle sue eruzioni e su tutte le manifestazioni secondarie dell'attività vulcanica. Similmente, ove le condizioni fossero favorevoli, potrebbe occuparsi di studiare e di descrivere qualche formazione interessante pei suoi prodotti estrattivi o pei suoi fossili.

Lo studioso, il quale, viaggiando per mare, debba approdare di frequente a lidi poco o punto conosciuti, si trova nelle circostanze migliori per dirigere le sue ricerche sulla costituzione litologica della costa e soprattutto per osservare le traccie delle oscillazioni lente del suolo. I dati che egli raccoglierà in proposito potranno essere compendiati su opportune carte geografiche mediante segni e tinte convenzionali. I fenomeni della sedimentazione e della denudazione sono pur suscettibili di somministrargli importanti soggetti d'indagine.

Agli ufficiali di marina addetti ai rilievi idrografici, sono principalmente da raccomandarsi gli studi relativi ai mutamenti di livello dei fondi marini e alla litologia sottomarina.

Ai viaggiatori che, per ragioni d'ufficio o per elezione, risiederanno più o meno lungamente in una colonia, in una lontana stazione militare o commerciale, tornerà vantaggioso di applicare, in quei luoghi, le loro cognizioni geologiche, alla ricerca di materiali utili (combustibili fossili, pietre da costruzione, pietre da calce, argille da laterizi o da porcellane, gesso, minerali metalliferi, ecc.), ovvero allo studio delle condizioni locali, in ordine alla convenienza e alla possibilità di eseguire vie di comunicazione (strade, gallerie) od altre opere utili all'igiene pubblica, all'industria e all'agricoltura (pozzi artesiani, pozzi assorbenti, canali d'irrigazione, dighe).

Lo studio completo della geologia di un dato paese o la costruzione d'una carta geologica dovrà imprendersi di preferenza per un territorio ristretto (del quale sia possibile una esplorazione minuziosa e diligente) e da chi, oltre alle cognizioni e alla esperienza necessaria, possieda molto tempo disponibile ed una robusta costituzione. Ad ogni modo, una carta geologica non si potrà rendere compiuta colla retta interpretazione dei terreni e delle roccie che in una città dotata di grandi stabilimenti scientifici, in cui si trovino i materiali di confronto e la suppellettile necessaria alla classificazione dei fossili e alla determinazione delle roccie e dei minerali.

Chi non può fare una lunga permanenza in un punto, nè disporre

di molto tempo deve piuttosto rivolgere la sua attenzione a qualche scopo speciale e rinunziare alle investigazioni troppo estese. In ogni caso non tocca al viaggiatore discutere teorie ed ipotesi scientifiche. A lui spetta l'ufficio non meno utile di raccogliere materiali, di porre in luce i fatti. Abbia presente sempre, a questo proposito, che un fatto bene accertato costituisce immancabilmente un progresso positivo; mentre il più delle volte una ipotesi arrischiata inceppa lo svolgimento della scienza (1).

A coloro che fossero affatto destituiti di preparazione scientifica o a cui mancasse del tutto la pratica delle osservazioni raccomanderemo:

1° Di raccogliere campioni di roccie e di minerali in gran numero, notando la posizione e la giacitura di ciascuno;

2° Di raccogliere fossili d'ogni maniera, possibilmente in buon stato di conservazione, e corredati di notizie precise sulla provenienza di ciascuno di essi;

3° Di prender nota di quanto riguarda i terremoti (direzione, intensità, estensione, giorno e ora in cui si avvertirono le scosse) e i fenomeni concomitanti;

4° Di raccogliere il numero che si può maggiore di documenti positivi e di ragguagli intorno ai cangiamenti avvenuti, in tempi storici, nelle condizioni topografiche di ciascuna località;

5° Di segnare sopra una carta geografica la posizione esatta dei vulcani o dei monti creduti tali (sieno dessi spenti o in ignizione), che s'incontrano durante il viaggio, e di raccogliere notizie sulle conflagrazioni loro e saggi dei loro prodotti.

PARTE SECONDA.

NOZIONI PRELIMINARI SULLE ROCCIE.

Le roccie (2) si distinguono in due grandi categorie, vale a dire: in quelle *d'emersione* o *ignee* ed in quelle *di sedimento* o *acquee*.

Le prime si trovano in masse di sollevamento, come espandimenti,

(1) Nelle opere seguenti il viaggiatore geologo troverà ottime norme da seguirsi per la pratica delle osservazioni e delle raccolte:

H. T. De la Bèche, *L'art d'observer en géologie*, trad. par H. de Collegno;

A. Boué, *Guide du geologue voyageur sur le modèle de l'Agenda geognostica de M. de Léonhard* — Bruxelles, 1837.

(2) Si dicono *roccie* le grandi masse pietrose di cui è costituito il globo. Tra

cupole, dicchi, trabocchi, colate, letti più o meno irregolari, coni di eruzione, vene, filoni. Si crede che si sieno formate col concorso di una elevata temperatura e che nella pluralità dei casi sieno passate per lo stato liquido o pastoso prima di acquistare lo stato solido. Esse risultano prevalentemente di silice e di silicati, in gran parte riferibili ai gruppi dei pirosseni, degli amfiboli, dei peridoti, dei serpentini, delle cloriti, delle miche, dei feldspati e delle zeoliti. La struttura loro è più comunemente granitica, porfirica, lamellare, scistosa; talora si presenta invece lavica, scoriacea, globulare, vetrosa, detritica o cinerea. Passano per disaggregazione alla condizione di roccie di sedimento.

Tra le roccie ignee alcune, come il granito, la sienite, il porfido, si denominavano *plutoniche* e si ammetteva dalla maggioranza dei geologi che avessero acquistato la struttura loro cristallina, caratteristica, sotto l'influenza di una potentissima pressione, subìta mentre erano ricoperte da altre formazioni (1). Si riteneva inoltre che non si presentassero allo scoperto se non dove furono asportate le roccie sovraincombenti. Altre roccie ignee emesse dai vulcani attivi od estinti (nelle quali si verifica il carattere costante di essere cellulose, bollose o porose, associato alcuna volta alla struttura vetrosa e più spesso alla cristallina) si collocavano col nome di *vulcaniche* in una classe a parte (2). Ora si crede dai più che le roccie *plutoniche* sieno roccie *vulcaniche* antiche.

Il basalte ed altre pietre vulcaniche affini, che soglionsi presentare in letti foggiati come a gradinate e in colonne prismatiche più o meno regolari, si dicono da taluni *roccie trappiche* dal vocabolo svedese *trappa* che vuol dire gradinata. Ma questa distinzione è fondata sopra caratteri di poco valore.

Le roccie di sedimento si presentano in vasti depositi o letti presso a poco paralleli detti *strati* (3) più raramente in *amigdale, concentrazioni, arnioni* e simili disseminati in terreni di sedimento.

queste si comprendono generalmente le terre, le sabbie e da taluni anche i liquidi come l'acqua e il petrolio. Lo studio delle roccie, in quanto concerne la loro posizione rispettiva, la distribuzione geografica, l'origine, appartiene alla geologia.

Le roccie risultano di *minerali*, che sono corpi composti di elementi uniti in determinate proporzioni o naturalmente esistenti allo stato semplice. Lo studio loro per ciò che riguarda la composizione appartiene alla mineralogia (vedi le *Istruzioni* per la *Mineralogia*).

(1) Per *formazione* s'intende un complesso di terreni che presentano qualche carattere comune.

(2) Poche tra esse subirono come l'ossidiana una vera fusione, una fusione ignea.

(3) È molto importante il distinguere la *stratificazione* dalla *scistosità* e dalla

Queste roccie si sono depositate in seno alle acque e provengono da materiali che vi erano disciolti o semplicemente sospesi. Il precipitarsi di questi materiali avvenne per *via chimica*, ovvero per *via meccanica*.

Tali depositi sono abitualmente accompagnati da resti di corpi organici o da traccie di questi corpi, cioè da fossili.

Le roccie acquee risultano principalmente di composti ricchi di calce (calcite, aragonite, dolomite, gesso, anidrite, apatite), di silice (quarzo, selce amorfa e sue varietà), e di silicato d'allumina (argille varie) e si distinguono perciò in calcaree, silicee ed alluminose. Le strutture più comuni di cui danno esempio sono la terrosa, la compatta, la granulare, l'arenacea, la detritica, la frammentaria, la puddingoide, la oolitica, la pisolitica, la scistosa e la concrezionata.

In virtù di fenomeni chimici e molecolari che si produssero spontaneamente nella massa loro o furono provocati da circostanze estranee (azione d'una elevata temperatura, d'acque minerali, di emanazioni, vapori, ecc.), queste roccie subirono talvolta mutamenti più o meno profondi nei caratteri esterni, nella struttura e nella composizione e si accostarono talvolta a quelle della prima categoria. Così certe varietà di granito delle nostre Alpi, certe ofiti appennini che, quantunque sieno dotate dei caratteri generali delle roccie ignee furono però originariamente depositate dalle acque.

I fenomeni svariatissimi pei quali avvennero siffatti mutamenti si comprendono sotto la denominazione comune di *metamorfismo*.

La stratificazione, la scistosità e la struttura cristallina sono i caratteri più perspicui delle roccie *metamorfiche*, di cui abbiamo esempi tipici nel comune micascisto, nel marmo statuario, nella quarzite.

Le roccie acquee possono essersi formate nei mari, nelle acque salmastre degli estuari o delle lagune o nelle acque dolci. Gran parte delle formazioni che cuoprono la superficie dei continenti sono nel primo caso.

Stratificazioni che ripetano dal mare l'origine loro e contengano avanzi di molluschi e d'altri animali marini si trovano in alcuni luoghi

divisione per contrazione della massa. La stratificazione dipende dal successivo depositarsi di sedimenti in letti più o meno distinti sopra un fondo marino o lacustre in seno alle acque. La *scistosità* proviene da una speciale modificazione molecolare, indotta nella roccia da una energica pressione, per la quale acquista la proprietà di dividersi in lamine. (L'ardesia comune ne offre l'esempio più istruttivo). La divisione per contrazione (che caratterizza i basalti e le altre roccie trappiche) dipende da che la roccia, dapprima liquida o pastosa, passando allo stato solido si è contratta e si è divisa per conseguenza in masse prismatiche più o meno regolari.

a grande altezza sul livello degli oceani e assai distanti dai loro littorali. Sull'Imalaia se ne incontrano perfino a 4600 metri d'altitudine. I geologi ammettono che nella pluralità dei casi questo fatto dipenda non già dal mutarsi del livello dei mari, ma dai movimenti subiti dalla corteccia terrestre. Vedremo in seguito come tali movimenti si effettuino ancora nell'attualità.

L'esperienza dimostra che le roccie acquee nell'atto della loro formazione si dispongono generalmente in strati orizzontali. Peraltro, allorchè il deposito si effettua sopra un fondo disuguale, segue da principio le irregolarità del medesimo; continuando però a crescere tende sempre più a livellarsi, finchè raggiunge l'orizzontalità.

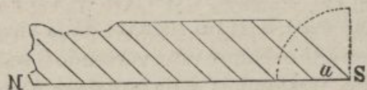
Tacendo di altre peculiari circostanze in virtù delle quali gli strati possono fare eccezione alla legge generale nel depositarsi, devesi pur notare che potenti stratificazioni originariamente orizzontali diventarono assai inclinate o verticali a cagione dei movimenti del suolo.

Uno strato che non sia orizzontale può essere *verticale* od *inclinato*. Nel primo caso per conoscere la sua posizione si deve determinare la sua *direzione*, nel secondo caso è necessario determinare a quest'uopo la sua *direzione, immersione* ed *inclinazione*.

La *direzione* d'uno strato è la posizione che esso occupa rispetto ai punti cardinali e vien data da una linea orizzontale tracciata sopra una delle due superficie dello strato.

L'*immersione* è il punto dell'orizzonte verso il quale è inclinato lo strato. L'*inclinazione* è il numero di gradi dell'angolo che il piano dello strato fa coll'orizzonte. La perpendicolare alla linea di direzione tracciata alla superficie dello strato ne indica l'immersione; l'angolo formato da questa linea colla verticale somministra l'inclinazione.

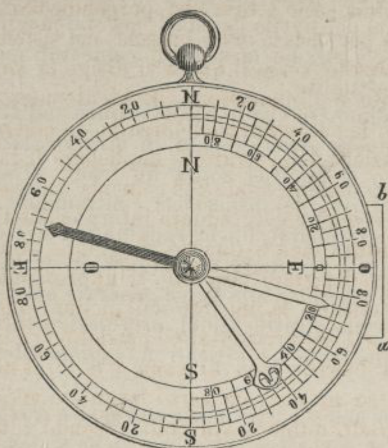
Nella figura seguente, *N* essendo il nord e *S* il sud, sono disegnati alcuni strati immersi al sud, la cui inclinazione è data dall'angolo *a*.



Praticamente la direzione e l'inclinazione si determinano colla *bussola da geologi*.

Questa è una bussola ordinaria di 7 a 8 centimetri di diametro, il cui lembo è abitualmente diviso in 4 archi di 90°. Al suo centro è imperniato un pendolino, la cui estremità libera si muove sopra un semicircolo diviso in due archi graduati, ciascuno dei quali di 90°. E-

sternamente il margine della bussola è munito di un piccolo tacco *a b*, il quale è parallelo alla linea *N S*.



Per adoperare questo strumento si traccia prima di tutto una linea orizzontale sulla superficie superiore dello strato sottoposto all'osservazione (1); ciò fatto, vi si accosta la bussola e si colloca in guisa che la sua linea *N S* sia parallela a quella tracciata sullo strato, si osserva allora su qual divisione del lembo graduato cade l'estremità nord dell'ago calamitato (che si distingue dall'estremità opposta perchè è di colore azzurro) e si prende nota di questa divisione, avendo cura di cangiar sempre il segno *O* (ovest) in *E* (est) e viceversa. Se per esempio la punta *N* dell'ago cade sul ventesimo grado verso ovest, si noterà invece *N* 20° *E* e questa sarà la direzione vera dello strato. Se la punta *N* oltrepassa i 90° e segna un certo numero di gradi sul quarto di circolo adiacente si sommeranno naturalmente le due quantità, e si dirà quindi per esempio *N* 135° (90 + 45) *E*, oppure si noterà, movendo dal *S*, il numero di gradi segnato dalla stessa punta verso *O*, che in questo caso sarà 45 e sempre intervertendo il segno si avrà *S* 45° *E*.

Ognun vede che, trattandosi della posizione d'una linea rispetto ai punti cardinali, *N* 135° *E* e *S* 45° *E* esprimono la medesima direzione (2).

(1) Volendo conseguire un'orizzontalità perfetta si può far uso di un livelletto a bolla d'aria.

(2) In alcune bussole i segni *O* e *E* sono già intervertiti, acciocchè possa leggersi direttamente la direzione cercata.

La linea da tracciarsi sullo strato si può sostituire con una paglia, un lapis, un bastoncello od altro corpo che valga a rappresentare una retta.

Si segnerà poscia sullo strato una perpendicolare alla linea di direzione e si vedrà per mezzo della bussola, col sistema indicato, qual sia il punto cardinale verso il quale si dirige la sua estremità inferiore; questo punto è l'immersione. Evidentemente se uno strato è diretto dal *N* al *S*, la sua immersione non potrà essere che *O* o *E*. Per conoscere l'inclinazione dello strato si applicherà il tacco della bussola sulla linea d'immersione in modo che coincida con essa, e si osserverà su qual punto del semicircolo graduato interno cada l'estremità libera del pendolino. Naturalmente quanto maggiore sarà l'inclinazione e tanto più il numero dei gradi sarà alto, si approssimerà cioè al 90. Se lo strato fosse verticale, la misura dell'inclinazione recherebbe appunto 90, mentre se fosse orizzontale il pendolino cadrebbe sul zero.

Il nord della bussola non è, come è noto, il nord vero, il nord astronomico, ma se ne discosta verso levante o verso ponente di un certo numero di gradi, numero variabile secondo i luoghi e secondo i tempi, che vien dato dalla ***declinazione magnetica***. Ottenuta adunque una determinazione mediante la bussola, converrà correggerla a norma di questo valore. A Genova la declinazione è al presente (1878) di circa 13° 40 verso ovest, cioè l'ago calamitato è diretto di 13° 40 ad occidente del nord vero, per conseguenza, avendo ottenuto presso questa città per la direzione d'uno strato *N* 45° *E*, si conseguirà la direzione corretta, aggiungendo 13° 40 a tal valore. Questa sarà adunque *N* 58.40 *E* (1).

Ove strati orizzontali si trovino in contatto con altri obliqui o verticali e in genere allorchè un complesso di strati si trova in rapporto con altri che hanno direzione diversa si dice che la stratificazione è ***discordante***.

Gli strati inclinati e verticali formano parte il più delle volte di formazioni ondulate, le quali hanno acquistato verosimilmente una tale disposizione in seguito ad una pressione potentissima subìta lateralmente. Si hanno anche esempi di strati spezzati in ***zig-zag***.

Strati ***trasgressivi*** diconsi quelli che, mantenendo una direzione comune, presentano tuttavia diversa inclinazione sull'orizzonte. Si spiega questa irregolarità ammettendo che durante la sedimentazione sieno avvenute oscillazioni nel terreno.

Se gli strati sono piegati a curve più o meno ampie, si chiama

(1) Non si suol tener conto delle frazioni di grado, stante la variabilità della declinazione e l'imperfezione dello strumento.

anticlinale la parte di essi che converge alla sommità d'un rilievo e *sinclinale* la parte che corrisponde ad una concavità. Gli anticlinali e i sinclinali sono spesso alternanti, e questi ultimi costituiscono talvolta delle valli *longitudinali*, come avviene nel Giura svizzero e in altre catene montuose.

Si hanno anche esempi di valli situate alla sommità degli anticlinali parallelamente alle valli longitudinali. Ciò dipende generalmente da che gli strati furono spezzati dalla flessione e la rottura fu ampliata dalle acque. Nelle valli di questa specie si vede da ambo i lati lo spaccato delle stratificazioni.

I movimenti del suolo determinano frequentemente la formazione di fenditure nella corteccia terrestre, le quali possono essere convertite in *filoni*, cioè possono essere occupate da materie minerali estranee a quelle che costituiscono le roccie incassanti.

I filoni ripetono generalmente l'origine loro da depositi idrotermali, da sublimazioni, da svariate reazioni di vapori e di gas che ebbero luogo in quelle fenditure, ovvero dalla introduzione di materiali liquidi o pastosi che vi furono iniettati dal basso all'alto e poscia vi si consolidarono (1).

Le fratture vanno comunemente accompagnate da spostamenti del terreno; in altre parole, ove la crosta terrestre fu spezzata da ignoti agenti sotterranei, avviene spesso che in qualche punto si deprima e in altri si innalzi, in guisa che non corrispondono più le testate delle stratificazioni che furono divise dalla frattura. Questo fenomeno, detto *faille* dai francesi, si chiama italianamente *salto* o *rigetto*.

La ripetizione di certi affioramenti alla superficie di un terreno può provenire non già dalla moltiplicità dei filoni corrispondenti, ma dalla esistenza di rigetti. Per la qual cosa il geologo dovrà usare molta cautela nella interpretazione stratigrafica dei terreni che presentano indizi di simiglianti fenomeni.

La *denudazione*, cioè lo spostamento di materiali solidi operato su grande scala dalla azione erosiva delle acque, contribuisce anche ad occultare la disposizione originaria delle stratificazioni, facendo scomparire le disuguaglianze prodotte dai raddrizzamenti e dai piegamenti degli strati, nonchè dai rigetti.

Per altre particolarità concernenti la stratigrafia, rimandiamo il lettore ai trattati speciali.

(1) La parte del filone che emerge all'aria aperta si chiama *affioramento*. Ove il filone sia inclinato sull'orizzonte (ed è il caso più frequente) le masse di roccia sottostanti al medesimo ne costituiscono ciò che si dice il *muro*, e le soprastanti ne formano il *tetto*.

Epoche e periodi geologici.

I tempi contemplati dalla geologia si divisero, per facilitare lo studio, in un certo numero di epoche e di periodi, di cui si può conoscere con qualche approssimazione il valore relativo, ma di cui si ignora affatto il valore assoluto.

Ecco in succinto una delle classificazioni più generalmente adottate:

EPOCHE	PERIODI	
Quaternaria		1
Terziaria o neozoica	Pliocene	2
	Miocene	5
	Eocene	7
Secondaria o mesozoica	Cretaceo	18
	Giurassico	27
	Triassico	4
Paleozoica o primaria	Permiano	6
	Carbonifero	8
	Devoniano	8
	Siluriano	18
	Cambriano	5
	Laurenziano	1
		110

La cifra che sta di fronte al nome di ciascun periodo indica la sua estensione relativa nei paesi in cui offre maggiore sviluppo.

I singoli periodi sono rappresentati da terreni che offrono nella stessa regione o in paesi diversi svariate forme litologiche ed hanno complessivamente centinaia e talora migliaia di metri di potenza.

I terreni terziari in Europa misurano una spessezza	di circa		metri	3000
„ secondari in Europa	„	„	„	4000
„ permiani in Germania	„	„	„	1200
„ carboniferi in Irlanda	„	„	„	3000
„ devoniani in Inghilterra	„	„	„	3000
„ siluriani in Inghilterra (1)	„	„	„	6500
„ cambriani in Inghilterra	„	„	„	4000
			Totale metri	24700

(1) Compresovi il gruppo di *Tremadoc*.

Queste cifre, proposte da A. Gaudry, sono poco elevate di fronte a quelle ammesse da altri autori, e ad ogni modo non rappresentano le potenze massime. Il solo terziario raggiungerebbe, secondo Mayer, 8000 metri di spessore. Tenendo poi conto dei terreni antichi, ancora imperfettamente definiti, dell'America settentrionale, si arriverebbe ad un totale assai più alto, inquantochè il *Geological Survey* del Canadà avrebbe verificato l'esistenza di formazioni della spessezza di ben tre leghe sotto al cambriano.

Ciascun periodo vien suddiviso in piani e questi alla lor volta si scindono in zone più o meno distinte. Il valore di tali divisioni è alquanto arbitrario e varia assai presso i diversi autori, perchè dipende in parte dai criteri di classificazione professati da ciascuno di essi e in parte da circostanze locali e dallo stato presente delle nostre cognizioni.

Col progredire dello spirito d'osservazione, col moltiplicarsi delle indagini, le lacune si vanno colmando e si scuoprono nuove zone, le quali presentando promiscuamente i fossili caratteristici di piani creduti tra loro assai dissimili, stabiliscono fra l'uno e l'altro graduati passaggi. Così anche per la geologia si conferma luminosamente il noto motto: *Natura non facit saltum.*

I criteri per conoscere l'età relativa d'una formazione variano secondo che si tratti di roccie acquee o di roccie ignee. Nel primo caso il modo più sicuro di raggiungere l'intento si è quello di determinare il primitivo ordine di sovrapposizione degli strati, giacchè, ove questo si è conservato, gli strati sono tanto più recenti quanto meno profondi. Applicando le norme suggerite dalla stratigrafia e restaurando per induzione l'ordine originario di sovrapposizione, si può più o meno agevolmente raggiungere lo scopo.

Altro criterio importantissimo è quello dei fossili (vedi il capitolo VII), poichè le formazioni appartenenti a ciascun periodo sono distinte da peculiari resti organici ed inoltre la presenza di fossili spettanti ai tipi più elevati della scala animale e vegetale è contrassegno infallibile d'un'età relativamente recente (1).

La costituzione litologica delle formazioni è generalmente carattere meno perspicuo, ma non per ciò da trascurarsi. Lo stesso convien dire della presenza di certi minerali, tra i quali meritano particolar menzione i combustibili fossili, il salgemma, lo zolfo, la limonite che generalmente, quando sono in grandi masse, caratterizzano distinti periodi geologici.

I criteri medesimi valgono anche per le roccie metamorfiche, nelle quali il cattivo stato di conservazione dei fossili (quando questi non

(1) Si avverta però che l'inversa di questa proposizione non è vera.

sono interamente scomparsi) e certe alterazioni che occultano la stratificazione rendono più arduo il còmpito del geologo.

Quando si tratti di roccie ignee, i criteri principali di classificazione sono: la composizione mineralogica, il modo di presentarsi (se in letti, in colate, in dicchi, in cupole), la posizione rispettiva e soprattutto l'alterazione indotta da esse nelle roccie circostanti e la presenza di frammenti inclusi appartenenti ad altri terreni.

Si sa, per esempio, che in una data località una sienite ricca di zirconio si riferisce all'orizzonte geologico dei terreni siluriani; or bene, se nelle regioni circostanti s'incontrerà in analoghe condizioni la medesima varietà di roccia, è probabile che debba ascriversi alla stessa età. Ecco alcuni esempi relativi agli altri criteri suaccennati:

Evidentemente un letto di lava che ricuopre un sedimento spettante al pliocene superiore sarà posteriore all'epoca terziaria. Ma una massa di granito situata sotto ad altra assisa di roccia ignea od acquea potrà essere meno antica della formazione sovraincombente, se pure non sono erronee le teorie che hanno corso nelle scuole sulla genesi del granito. Trattandosi di una vena, di un dicco, se attraversa un terreno di sedimento e induce nello stesso modificazioni più o meno profonde presso le superficie di contatto, è segno che la sua età è posteriore a quella della roccia incassante; all'incontro se tali alterazioni non si presentano esso è verosimilmente più antico. Similmente, se una massa o un filone d'una roccia ignea contiene dei frammenti d'altra roccia (sia pur ignea od acquea) è chiaro che la prima sarà generalmente più recente della seconda.

PARTE TERZA.

STUDIO DEI FENOMENI GEOLOGICI.

I.

Azioni degli agenti atmosferici e delle acque correnti sulla superficie terrestre.

Da quali cause, da qual successione di fenomeni proviene l'attuale configurazione della superficie terrestre? Come si sono formate le montagne, e le valli, come le assise potentissime di roccie stratificate, come le immani masse di roccie ignee che costituiscono la superficie terre-

stre? Qual è l'origine dei grandi depositi di combustibili fossili e dei giacimenti fossiliferi contenenti ora protozoi, ora zoofiti, ora molluschi, ora articolati, ora vertebrati?

Sono questi ardui problemi assai importanti per la storia del globo. In passato i geologi si lusingavano di risolverli ricorrendo alle più strane ipotesi, immaginando che il globo avesse subìto reiteratamente grandi rivoluzioni o cataclismi. Nella scienza moderna prevale invece il sistema di attribuire la presente configurazione della superficie terrestre all'azione delle cause stesse che agiscono attualmente, continuate per tempi più o meno lunghi.

Alcune di tali cause, che possono denominarsi *estrinseche*, come: le meteore, le acque correnti, i mari, i laghi, i ghiacciai, i corpi organici, tendono generalmente a diminuire le irregolarità, le disuguaglianze della superficie terrestre, colmando le lacune ed eliminando i rilievi; altre invece, che chiameremo *intrinseche:* i vulcani, i terremoti, le oscillazioni lente del suolo, agiscono generalmente in senso opposto, promuovendo cioè maggiori differenze di livello.

Rispetto alle prime, richiameremo specialmente l'attenzione del viaggiatore sulla degradazione meteorica, sulla erosione e la denudazione prodotte dalle acque, sulla sedimentazione, sui ghiacciai alpini e polari, sulla vita animale considerata come agente modificante della superficie terrestre. Intorno alla degradazione meteorica ed alla denudazione proponiamo le seguenti indagini e ricerche al viaggiatore:

1° Raccogliere esempi della azione erosiva dei venti e delle pioggie sulle roccie, dell'azione chimica dell'aria e dell'acqua sui materiali delle roccie (ossidazione del ferro e dei solfuri metallici, ecc.);

2° Recare esempi di montagne munite di guglie e frastagli dovuti alla degradazione meteorica, notando la costituzione litologica delle medesime e le speciali condizioni meteorologiche e climatologiche cui sono sottoposte;

3° Riguardo all'azione combinata dei venti e delle acque, si raccomanda lo studio diligente delle dune. Importa recare l'esatta misura di esse in ogni senso, descriverne la forma e la costituzione geologica, determinarne la posizione; indagar poscia le cause naturali ed artificiali che ne promuovono l'incremento e quelle che producono un effetto contrario:

4° Descrivere esempi di erosioni prodotte dalle acque piovane, dai ruscelli, dai torrenti, dai fiumi, dalle cadute d'acqua e misurare la erosione operata in una data roccia, in un tempo determinato, da una corrente d'acqua della quale si conoscono la massa e la velocità;

5° Presentare esempi nuovi ed istruttivi dell'azione distruttiva dei torrenti di fango;

6° Recare esempi di frane e scoscendimenti. Notare se questi sono avvenuti: per ammollimento del sottostrato, per erosione, per schiacciamento, per incoerenza di materiali o per altre cause;

7° Studiare le valli d'erosione dal punto di vista geologico e fisico;

8° Osservare gli effetti della erosione su vasta scala, come si manifestano in certi altipiani convertiti dalla erosione in monti tabulari;

9° Osservare, nei depositi effettuati dai corsi d'acqua, l'estensione e potenza dei medesimi, la natura mineralogica, la forma ed il peso dei materiali depositati dalla corrente nei vari tratti del loro letto;

10. Determinare la regione nella quale l'alveo di un fiume si innalza e quella in cui si approfonda. Misurare la spessezza dei sedimenti che si depositano in un dato tempo in un bacino fluviale o lacustre. Misurare l'accrescimento annuo delle rive alle foci dei fiumi;

11. In ordine all'azione della rotazione terrestre sulle erosioni dei fiumi che scorrono in direzione presso a poco meridiana, verificare se le erosioni sono maggiori lungo la sponda occidentale, perchè subisce l'urto delle acque con maggiore energia a causa della rotazione terrestre;

12. Raccogliere esempi di dighe e barre alla foce dei fiumi, ne mari interni e negli oceani, prendendo nota delle loro condizioni geologiche, del loro progressivo accrescimento sul mare;

13. Investigare le cause dei rigurgiti dei fiumi e dei torrenti, delle inondazioni;

14. Vedere quali sono i materiali trasportati dai corsi d'acqua in tempo di piena; se tra questi vi sono cadaveri di animali galleggianti, se vi sono zattere naturali che recano seco piante ed animali viventi. Osservare quali piante e quali animali sono così trasportati e a quali distanze, dove ed in qual condizione succede il deposito degli animali e delle piante trasportati.

II.

Ghiacciai.

È noto che una gran parte della neve che cuopre le alte vette montuose si converte in ghiaccio e per mezzo dei ghiacciai scende per le valli o sui fianchi dei monti fino ad un livello assai più basso, ove

cioè le condizioni climatologiche sono incompatibili colla permanenza del ghiaccio (1).

Lo studio dei ghiacciai attuali appartiene propriamente alla geografia fisica, tuttavolta il geologo non deve ignorarne i fondamentali risultati per essere in grado di riconoscere le traccie lasciate in molte località da ghiacciai ora scomparsi e per farsi un giusto concetto della azione esercitata sulla terra dai fenomeni così detti glaciali (2).

La forma tipica del ghiacciaio, è quella di un fiume che scorre in una valle, seguendone le sinuosità, ora ampliandosi, ora restringendosi. Le Alpi, i Pirenei, l'Imalaia ce ne offrono grandiosi esempi (3).

Risalendo un ghiacciaio, si osserva che ad una certa altezza non risulta più di ghiaccio, ma di neve più o meno stipata di struttura granulosa (*nevé* dei francesi), poi, più in alto, questa diventa farinosa (*haut-nevé* dei francesi) e il ghiacciaio si confonde allora col ***campo di neve*** che gli dà origine, il quale occupa generalmente un bacino più o meno circoscritto (4).

Alla parte inferiore di esso sgorga ordinariamente un torrente dall'acqua torbida, bianchiccia, come lattiginosa, che suol essere assai più grosso d'estate che d'inverno.

(1) Le nevi così dette perpetue o meglio persistenti si mantengono sopra alcune delle più note montagne del globo alle seguenti altitudini:

Imalaia, versante nord, tra il 27° ed il 32° di lat., . .	m. 5669
Imalaia, versante sud, tra il 27° ed il 34° di lat., . .	„ 4937
Karakorum, vers. nord tra il 28° ed il 36° di lat., . .	„ 5821
Monti Abissini	„ 4287
Alpi	» 2708
Pirenei	„ 2628
Etna	„ 2905
Groenlandia, coste occidentali	„ 649
Cordigliere orientali	„ 4853
„ occidentali	„ 5646

I ghiacciai scendono però assai più bassi; nelle Alpi arrivano a 1000 metri (Mare di ghiaccio, ghiacciaio di Bosson) e perfino a 983 metri (ghiacciaio di Grindewald) e nelle regioni polari scendono fino al mare.

(2) Si consulteranno utilmente sul vastissimo tema dei ghiacciai le opere qui appresso noverate:

AGASSIZ, *Etudes sur les glaciers;*

SCHLAGINWEIT, *Untersuchungen über physikalische Geographie der Alpen.* — Leipzig, 1850;

TYNDALL, *The Glaciers of the Alps.* — London, 1860;

DOLFUSS AUSSET, *Matériaux pour l'étude des Glaciers.*

(3) Il maggiore ghiacciaio delle Alpi è quello di Aletsch che ha 24 chilometri di lunghezza e larghezza variabile tra 2 e 3 chilometri. Si crede che il suo volume sia di 22 a 24 mila milioni di metri cubi.

(4) Un metro cubo di neve appena caduta pesa circa 85 chilogrammi, uno di ghiaccio di ghiacciaio può pesare perfino 960 chilogrammi.

Il ghiaccio del ghiacciaio è pieno di bolle e di fessure ed inoltre presenta dei crepacci trasversali e longitudinali che possono essere larghi parecchi metri e più o meno profondi. Nella regione inferiore dell'*alto nevato* (*haut nevé*) ove questo confina col ghiacciaio ad alveo incassato (*glacier d'écoulement*) si osserva d'ordinario un *crepaccio periferico* (*bergschrunde* dei tedeschi) più largo e profondo degli altri.

Il ghiacciaio talora aderisce al fondo della valle; talvolta invece riposa sopra un letto di fango e d'altri detriti.

I crepacci, intersecandosi in vari sensi, danno origine a piramidi o *guglie* di ghiaccio. I piccoli corsi d'acqua che si generano sul ghiacciaio formano dei *pozzi* quando si raccolgono in profonde cavità verticali e danno origini a *mulini* quando da queste cavità si evadono nel fondo del ghiacciaio stesso. ove formano le marmitte dei giganti.

Bagni si denominano le incavature piene d'acqua prodotte dai sassi che si affondano nel ghiaccio e queste passano alla condizione di *rose* se il liquido vi si congeli. Quando un masso di roccia difende colla sua ombra un'area più o meno estesa dall'azione calorifica dei raggi solari, collo squagliarsi del ghiaccio tutto all'intorno, si formano le *tavole* o *funghi* di ghiaccio.

Il ghiacciaio sbarrando valli secondarie può dar origine a laghi o laghetti ed interrompendo il corso di un torrente può provocare la formazione di cadute d'acqua, cascate o cascatelle.

Sopra ogni ghiacciaio si raccolgono frammenti di roccia, e detriti d'ogni specie provenienti dalle alture circostanti. Questi si distribuiscono lungo i suoi margini e sulla sua fronte in ammassi, talora molto elevati, che diconsi *morene laterali* e *frontali*.

I pezzi di roccia di un certo volume trasportati dai ghiacciai sono denominati *massi erratici*.

Ove due giacciai confluiscono e si fondono in uno (caso non raro), le due morene laterali dei confluenti, incontrandosi, danno origine ad una *morena mediana* o *superficiale*.

Allorchè il ghiacciaio incontra un ostacolo, come sarebbe una guglia rocciosa, un poggio, un colle, che non può superare di fronte, lo circuisce, dividendosi in due rami, e di contro all'impedimento innalza una *morena d'ostacolo*.

I pezzi di pietra caduti nei crepacci e penetrati alla base del ghiacciaio, strisciando sulla roccia sottoposta sotto energica pressione, sono ridotti in minuti frantumi, rena e melma che agiscono a guisa di smeriglio sul letto del ghiacciaio e sugli altri frammenti o massi e pertanto i più resistenti e duri fra questi sono levigati sopra una o più faccie, oppure intaccati, solcati, striati dallo sfregamento. Anche il fondo del ghiacciaio subisce un logoramento consimile. Le pietre levigate e

striate in siffatta guisa concorrono insieme ai materiali trasportati alla superficie del ghiacciaio a formare la morena frontale. Queste pietre hanno pel geologo un interesse particolare inquantochè sono un prodotto esclusivo e caratteristico dei ghiacciai.

Tutti sanno che ogni ghiacciaio è animato da un continuo moto progressivo; questo fatto fu direttamente verificato e d'altronde la presenza delle pietre levigate e striate lo dimostra con piena evidenza. Tal movimento può variare fra pochi metri ed oltre 100 metri all'anno (1). Ben s'intende che alla parte terminale del ghiacciaio il movimento è compensato dallo squagliarsi del ghiaccio.

Per altro, lo squagliamento può procedere più rapidamente dell'inoltrarsi del ghiacciaio ed allora si dice che questo si *ritira*, ovvero può accadere il fenomeno inverso, cui si suol alludere quando si dice che il ghiacciaio si *avanza*.

Il movimento del ghiacciaio si spiega invocando la gravità del ghiaccio (Saussure, Grüner, ecc.) la pressione esercitata sul ghiacciaio dagli *alti nevati* (Tyndall), la dilatazione dell'acqua che si gela nei crepacci (Charpentier), la plasticità e la viscosità del ghiaccio (Bordier, Rendu, Forbes) il risaldarsi dei frammenti di ghiaccio sotto l'influenza della pressione (Tyndall) e con altre considerazioni che sono tuttora oggetto di controversia tra i dotti.

Nelle regioni prossime alle Alpi e in molti altri luoghi, trovansi antiche morene, massi erratici e roccie arrotondate, levigate, solcate assai lontane dai ghiacci, il qual fatto dimostra luminosamente che fuvvi un tempo nel quale i fenomeni glaciali si verificarono sopra una scala assai maggiore che non attualmente.

Le antiche morene costituiscono colline che raggiungono perfino centinaia di metri d'altezza ed offrono la costituzione caratteristica dei detriti glaciali. Esse presentano d'ordinario forma regolare e profilo rettilineo.

Nelle regioni situate in prossimità dei poli, come la Groenlandia e lo Spitzberg, i giacciai scendono fino a livello del mare e quando questo è gelato depongono alla sua superficie i detriti loro. Succedendo poscia il disgelo, questi detriti sono da zattere di ghiaccio galleggianti portati a gran distanze e depositati poscia sul fondo del mare a misura che col crescere della temperatura il ghiaccio viene liquefatto. Si formano così specie di *morene rimaneggiate* talora stratificate e commiste a resti organici marini. Quando si rifletta che alcune di quelle zattere misurano diecine di chilometri di lunghezza e trasportano grandissima

(1) La velocità è generalmente maggiore nella primavera e nell'estate che nelle altre stagioni.

copia di materiale è d'uopo ammettere che debbano esercitare una influenza ragguardevolissima sulla natura e sulla distribuzione dei sedimenti che si depositano nel fondo di certi mari. Il Banco di Terranuova risulta, secondo autorevoli osservatori, dall'accumulazione dei detriti apportati da ghiacci galleggianti che si sciolsero nelle acque tepide della corrente del golfo.

Si crede da molti che i massi erratici esistenti in certe regioni poco elevate del continente americano abbiano identica origine.

Intorno ai ghiacciai vogliono essere particolarmente raccomandati i punti seguenti (1):

1° Notare qual sia il limite inferiore cui arrivano le nevi persistenti e quello raggiunto dal ghiacciaio;

2° Osservare qual sia la mole approssimativa e l'effetto delle valanghe che cadono sul ghiaccio:

3° Determinare approssimativamente la forma e le dimensioni del ghiacciaio;

4° Misurare l'inclinazione media di esso nelle varie sue parti; ed osservare le condizioni fisiche del ghiaccio e della neve nelle diverse regioni del ghiacciaio (densità, struttura, ecc.);

5° Misurare la larghezza e la profondità dei crepacci. Osservare il modo di formazione dei medesimi;

6° Recare esempi di piramidi e guglie, di pozzi, di molini, di bagni, di rose, di tavole;

7° Misurare il movimento del ghiacciaio in vari punti di esso ed in diverse stagioni. Osservare se il ghiacciaio aumenta o diminuisce, ed in qual misura, in un dato tempo;

8° Osservare le vicende atmosferiche e le altre circostanze che favoriscono il diminuire o l'avanzarsi del ghiacciaio;

9° Descrivere le varie specie di morene formate dal ghiacciaio. Osservare se esistono morene antiche, le quali dimostrano che ebbe in altri tempi estensione maggiore che non attualmente;

10. Raccogliere campioni di massi levigati, striati, solcati provenienti da vari punti del ghiacciaio o da antiche morene;

11. Cercare l'originario giacimento di questi saggi;

12. Determinare la posizione dei massi erratici, investigarne la natura e la provenienza.

Si potranno eseguire con vantaggio le osservazioni medesime in-

(1) Si troveranno esposte molte cose da osservarsi nei ghiacciai alpini in due memorie, l'una del professore Stoppani intitolata: *Quesiti agli Alpinisti per lo studio delle variazioni dei giacciai* (Bollettino del Club Alpino italiano, vol. XII, n° 35. — Torino, 1878), l'altra del professore Baretti che s'intitola: *Fenomeni che gli Alpinisti possono studiare sui ghiacciai.* — Torino, 1876 — Prezzo centesimi 50.

torno ai ghiacciai polari ed inoltre non saranno superflue in proposito alcune ricerche speciali sui punti seguenti:

1° Dimensioni, forme, posizione dei ghiacci galleggianti. Osservare in quale direzione si muovono e con quale velocità;

2° Costituzione fisica di quei ghiacci. Vedere se sono o no bollosi; determinare il peso specifico nelle varie regioni di ciascun masso;

3° Esaminare i detriti trasportati dai ghiacci galleggianti. Notarne la natura, la forma e possibilmente la provenienza. Raccogliere campioni dei medesimi;

4° Descrivere i depositi operati dai ghiacci galleggianti e indicarne i caratteri distintivi;

5° Vedere quali effetti produca una zattera galleggiante strisciante sopra un fondo marino di melma, d'arena o di scoglio;

6° Osservare se l'abbassamento di temperatura cagionato da una zattera di ghiaccio, pervenuta in un mare comparativamente caldo, cagioni la morte degli animali marini viventi in quelle acque.

Sarebbe poi di alto interesse per la paleontologia la cognizione della fauna marina (specialmente per quanto concerne i molluschi) propria alle acque che accolgono i detriti di grandi ghiacciai e ciò tanto nelle regioni artiche, quanto nelle antartiche.

III.

Vulcanismo. (1)

Un vulcano è una apertura o un sistema di aperture della superficie terrestre, d'onde per la spinta di gas e di vapori sottoposti, provengono da ignote profondità e con intermittenza più o meno rapida, sostanze minerali liquide o pastose e solide, per lo più incandescenti, e materiali frammentari. Questa definizione differisce poco da quella di Krug von Nidda che qualificò il vulcano una enorme sorgente intermittente di materia fusa, spinta all'esterno dalla forza dei vapori che trovano un ostacolo in essa.

I vulcani si aprono abitualmente in mezzo ad una eminenza in forma di cono tronco, originata dalle loro deiezioni. Comunemente si

(1) G. Poulett Scrope, *Les Volcans, leurs caractères et leurs phénomènes*, trad. par E. Pieraggi. — Paris, V. Masson et fils, 1864.

A. Boué, *Etwas über Vulcanismus und Plutonismus in Verbindung mit Erdmagnetismus*. — Wien, 1869.

C. Daubeny, *A Description of active and extint volcanos*, ed. II. — London, 1848.

chiama vulcano il monte vulcanico e *crateri* si dicono gli orifizi pei quali succedono le eruzioni.

Molti vulcani presentano un cono più o meno elevato, circondato da un monte meno alto, in forma di semicerchio. Il Vesuvio si trova appunto in questo caso, e il semicerchio montuoso che circonda il rilievo centrale è il noto monte Somma. Questo, al pari di tutti gli altri che offrono tale disposizione, rappresenta gli avanzi di un antico cono smozzato, dalle cui rovine ne sorse uno nuovo.

I monti vulcanici sono formati generalmente di materiali frammentari rigettati nelle eruzioni loro, cioè di ceneri, di lapilli, di scorie, di bombe vulcaniche e di lave, le quali sono iniettate in numerose fenditure del monte (risultandone *dicchi* verticali od un po' obbliqui, situati quasi sempre a guisa di raggi intorno al cratere) o sono disposte in letti che ricuoprono di striscie irregolari i fianchi del vulcano. Evidentemente le lave più recenti sono le più superficiali e ricuoprono le più antiche.

Il *cratere terminale* è una cavità inbutiforme, collocata ordinariamente alla sommità del monte ignivomo, la quale si continua inferiormente con un canale più ristretto denominato *camino vulcanico*.

Bene spesso sui fianchi del monte principale si formano delle spaccature che, durante le eruzioni, danno adito alla lava, a materiali detritici e a svariate emanazioni; quelle aperture son dette *crateri avventizi* e danno anche origine a piccoli coni.

In ogni eruzione vulcanica si suol distinguere: 1° una fase di esplosione, nella quale i vapori compressi nel camino vulcanico sgombrano violentemente uno o più crateri antichi dei materiali che li otturavano, ovvero si aprono nuovi varchi; 2° una fase di deiezione, durante la quale molti materiali detritici sono proiettati in alto dai crateri, mentre la lava ne sgorga in torrenti di fuoco; 3° un periodo di emanazione, nel quale si svolgono dagli orifizi vulcanici copiosissimi gas e vapori ad alta temperatura; 4° un periodo di estinzione, nel quale, essendo scomparsi gli altri fenomeni, si osserva soltanto, da questi orifizi, un abbondante sviluppo di acido carbonico.

L'eruzione si annuncia generalmente con terremoti, con boati e con altri fenomeni secondari. Nei dintorni del vulcano si prosciugano molti pozzi, certe sorgenti mettono acque torbide, altre aumentano o diminuiscono il loro tributo od anche si esauriscono; gli animali domestici si mostrano in preda ad una straordinaria agitazione. Per lo più, al principio d'una eruzione, si osserva un abbassamento della colonna barometrica. Talvolta la conflagrazione comincia coll'innalzarsi del fondo del cratere, il quale poscia si spezza con gran fragore, aprendo un varco ai vapori premuti nelle cavità sotterranee ed alle lave ar-

denti. Talvolta invece si aprono nuove bocche d'eruzione sul fianco del monte, le quali ordinariamente sono allineate lungo una o più squarciature e levano coni avventizi attorno al cono principale.

Al cominciare dell'eruzione i vapori sprigionati dal cratere s'innalzano in colonna verticale a grande altezza, poi si espandono orizzontalmente. Essi sono accompagnati da cenere più o meno densa e da lapilli proiettati dal vulcano.

Nella notte l'interna ignizione del cratere si riflette sui vapori emessi dallo stesso e li fa sembrare infiammati. Ma bene spesso furono vedute vere fiamme sorgere dalle bocche d'eruzione.

Nei vapori sopra descritti, massimamente quando sono misti a cenere, succedono violenti scariche elettriche, e non di rado essi si stemprano in acqua, originando, nei climi caldi e temperati, dirottissime pioggie, e fitte nevi nei climi freddi.

La lava comincia ad erompere dai crateri con gran velocità (1) e forma veri fiumi di fuoco che scendono serpeggiando sul fianco del monte, nelle valli e nel piano; poi rallenta il suo corso finchè si rapprende e s'arresta. La lava appena emessa si trova ad una temperatura non inferiore a 1000° e talvolta superiore a 1400°. Raffreddandosi poco a poco si consolida alla superficie e si cuopre di scorie bollose simili a quelle che provengono dagli alti forni in cui si trattano i minerali di ferro. Col procedere della lava interna, ancora liquida, l'involucro solido, periferico, talora si fende e si spezza, producendo un fragore come di ferraglia. Avviene poscia non di rado che dalla corrente principale ne sgorghino altre secondarie.

Allorquando scaturisce dal cratere, la lava non è completamente liquida, ma pastosa o vischiosa, e non si trova in istato di perfetta fusione, come da molti si crede. Essa risulta di un magma di solidi e di liquidi, ed è pregna di vapori i quali in gran copia si sviluppano dalla sua superficie. La lava che ha subìto una fusione ignea perfetta ha cangiato di natura e si è convertita in ossidiana o in altro vetro vulcanico.

La lava è generalmente un impasto di vari minerali, tra i quali prevalgono l'augite, l'ortose vitreo, la labradorite, l'amfibolo, la leucite ed altri silicati.

Il geologo viaggiatore trovandosi in presenza di un vulcano attivo od estinto dovrà prima di tutto determinarne la posizione geografica, misurarne l'altezza, descriverne la configurazione e rappresentarne in uno o più disegni il complesso e le particolarità più caratteristiche.

(1) Si videro già correnti di lava che percorsero 2000 metri in un quarto d'ora.

S'intende che la fotografia può, nella pluralità dei casi, sostituire il disegno con gran vantaggio.

Sarà altresì opportuno il prender nota delle condizioni fisiche e geologiche del paese in cui si trova il vulcano, osservando se ivi il terreno è piano o montuoso, di quali roccie è prevalentemente costituito, se il vulcano si trova vicino al mare, presso a grandi laghi o a corsi d'acqua, se è isolato o forma parte di un gruppo o sistema (in questo caso è interessantissimo il rappresentare in una carta topografica la posizione e l'estensione relativa dei coni e dei crateri), se esistono nei dintorni dei *geyser*, dei soffioni, delle mofete od altre emanazioni gassose, delle acque minerali e termali, raccogliendo in proposito ogni possibile ragguaglio.

Converrà quindi prender nota della natura, del numero e della estensione degli espandimenti di lava che si presentano sul fianco del vulcano stesso, alla sua base o nei dintorni, notando accuratamente le differenze litologiche esistenti fra le lave antiche e quelle più o meno recenti.

Alla illustrazione di un vulcano è necessario complemento lo studio litologico e mineralogico dei materiali che lo costituiscono e che furono eruttati in tempi più o meno remoti, o provengono da recenti eruzioni; per conseguenza il geologo viaggiatore non dovrà trascurare di raccoglierne una serie numerosa che potrà essere poi comodamente studiata al suo ritorno in patria.

Rispetto alla comparsa del vulcano, ai mutamenti che ha subiti, alle conflagrazioni cui ha dato luogo, bisognerà attingere precise informazioni dagli indigeni chiedendo loro:

1° Se il vulcano comparve o no in tempi storici, e, in quest'ultimo caso, in qual epoca;

2° Se in proposito si conservano antiche tradizioni;

3° Da quali circostanze, da quali fenomeni fu preceduta ed accompagnata la formazione del vulcano;

4° Quali modificazioni ha subìto l'apparato eruttivo dacchè se ne conserva la memoria;

5° Quante e quali sono state le eruzioni nei tempi storici;

6° Quali furono le eruzioni più grandiose, da quali fenomeni furono precedute o susseguite. Se si videro in alcune di esse sorger fiamme dal suolo o dal cratere;

7° Quale fu approssimativamente la massa dei vari espandimenti di lava emessi dal vulcano;

8° Quando il vulcano acquistò la sua forma presente;

9° Da quanto tempo cessò di emetter fumo (se il vulcano non dà più segno di vita);

10. Se il paese è soggetto a terremoti, e qual sia l'estensione e l'intensità dei medesimi.

Le risposte a tutte queste domande, ottenute qualche volta da persone rozze ed ignoranti, dovranno essere accolte colla massima riserva e confrontate con ragguagli d'altra fonte, e, ove sia possibile, verificate colla visita personale dei luoghi; s'intende per ciò che concerne i fatti suscettibili di verificazione.

Ove esistono documenti antichi e moderni, come carte, cronache, storie, atti ufficiali, si dovranno consultare per cercarvi ulteriori notizie sugli accennati argomenti.

Al viaggiatore cui tocchi la sorte di visitare un vulcano in eruzione, sono da raccomandarsi le seguenti ricerche:

1° Determinare la posizione, la forma, le dimensioni approssimativo del cratere o dei crateri;

2° Prender nota della durata e della intensità delle varie fasi di una eruzione. Notare le condizioni meteorologiche della località (pressione atmosferica, temperatura, stato igrometrico, stato del cielo) prima e durante ogni eruzione;

3° Vedere in qual ordine e in quanta copia relativa ne escano fumi di varia natura, ceneri, lapilli, bombe vulcaniche, lave;

4° Osservare se nella notte i crateri emettono fiamme;

5° Osservare se gli sbuffi di vapori e di ceneri provenienti dal cratere sono preceduti da rombi, e di quanti minuti secondi i rombi li precedono;

6° Osservare se i boati hanno un suono diverso quando sono seguiti da sbuffi di varia natura;

7° Analizzare collo spettroscopio il bagliore delle lave incandescenti e le fiamme vulcaniche. Per questa esperienza delicatissima è acconcio uno spettroscopio di Duboscq. Lo spettroscopio a visione diretta di Hofmann non diede al Palmieri soddisfacenti risultati;

8° Osservare la forma, le dimensioni, l'aspetto dei torrenti di lava fluente;

9° Determinare la rapidità della lava, appena sia sgorgata dal cratere, quando corre per forti pendenze o per piani lievemente inclinati;

10. Osservare l'odore ed il colore del fumo che emana dalle lave;

11. Osservare come procede in ordine alla temperatura delle lave lo svolgersi del fumo;

12. Determinare la temperatura delle lave liquide e solide, e delle fumarole. Per le basse temperature si possono impiegare a quest'uopo i termometri a mercurio ordinari. Per misurare approssimativamente le alte temperature si adoperano con vantaggio dei sottili fili di vari metalli, i quali, liquefacendosi a diverse temperature, somministrano

preziosi dati comparativi. Infatti ecco la temperatura di fusione di alcuni metalli:

Platino da	1910° a 2000°	Zinco	412°
Ferro	1500°	Antimonio	425°
Oro	1250°	Piombo	365°
Rame	1092°	Bismuto	264°
Argento	1000°	Stagno	228°

13. Osservare tutte le manifestazioni del plutonismo delle lave. Vale a dire l'incandescenza e l'attività che si manifesta in talune di esse che parevano già raffreddate, il risalire di certe propaggini di lava per un pendio, a ritroso della corrente principale, il formarsi di galle o bolle alla superficie di esse ed altri consimili fenomeni;

14. Osservare con particolar cura se sulle lave già sgorgate dal cratere ed appena consolidate superficialmente, si formano dei piccoli coni eruttivi *non comunicanti coll'interno* del vulcano. Notare tutti i fenomeni eruttivi presentati da questi vulcanetti avventizi;

15. Osservare come procede il raffreddamento di un letto di lava, tenuto conto della sua spessezza e della sua estensione;

16. Osservare le alterazioni prodotte dalla lava incandescente sui terreni che ha ricoperto;

17. Vedere in quale ordine si succedono le emanazioni che provengono dalle fenditure di un vulcano, nelle varie fasi eruttive del medesimo;

18. Raccogliere ad analizzare i gas e i vapori emessi dalle fumarole e dalle lave. Per tali ricerche delicatissime che richiedono pratica non comune, ricca scorta di apparecchi e di reattivi sono da proporsi a modello i lavori di Bunsen sui vulcani dell'Islanda, quelli di Deville e Fouqué sul Vesuvio e quelli di Silvestri sull'Etna (1). Non potendo eseguire le dette analisi, sarà utile verificare per mezzo di carte reattive (carta di tornasole azzurra e arrossata da un acido), se e quando le emanazioni si presentano alcaline, acide o neutre;

19. Raccogliere ed analizzare campioni di ceneri e di lapilli rigettati dal vulcano, nonchè esemplari delle sublimazioni e delle incrostazioni che si formano nelle fumaruole, nelle fenditure delle lave e sul fondo dei crateri;

20. Osservare, a proposito delle sublimazioni, se sono o no cristalline, ed in quali condizioni di ubicazione e di temperatura si vanno formando;

(1) V. Silvestri, *I fenomeni vulcanici presentati dall'Etna nel* 1863-64-65-66, *considerati in rapporto colla grande eruzione del* 1865. — *Atti della Accademia Gioenia di Catania*, serie 3, tomo I, 1867.

21. Raccogliere i fatti che possono servire a determinare la potenza proiettiva del vulcano. Misurare cioè le dimensioni ed il peso dei massi più voluminosi rigettati in una data eruzione, e la distanza loro dal cratere;

22. Raccogliere e determinare saggi caratteristici di lave, di scorie, di bombe o saette vulcaniche, e i minerali accessorii cui danno ricetto, specialmente quando sono cristallizzati;

23. Estrarre ed analizzare i gas acclusi nelle lave già raffreddate. In questa difficile ricerca si può seguire il metodo proposto da Graham per la estrazione e l'analisi dei gas contenuti nelle meteoriti;

24. Osservare i danni esercitati sulle piante e sugli animali dalle emanazioni vulcaniche e dalle ceneri. Vedere se questi danni succedono dopo le prime pioggie e quindi se provengono da materiali solubili;

25. Investigare con un acconcio elettrometro portatile (per esempio con quello del Palmieri) o con un buon elettroscopio lo stato elettrico delle ceneri e dei fumi espulsi dai vulcani. (1) Il Palmieri verificò recentemente che il fumo somministra sempre tensioni positive e la cenere ne dà di fortissime negative;

26. Prender nota dei terremoti locali e generali che precedono o seguono ogni fase eruttiva; determinare possibilmente l'intensità, la durata e la direzione loro;

27. Osservare nelle vicinanze del vulcano in eruzione le salse o vulcani di fango, le sorgenti minerali e termali, le sorgenti di idrocarburi e d'acido carbonico, e notare tutti i fenomeni che presentano durante l'eruzione queste e le altre manifestazioni secondarie del vulcanismo;

28. Determinare la temperatura delle acque termali e dei getti di vapori e di gas che scaturiscono dal suolo nelle regioni vulcaniche. Osservare se quelle sorgenti e quei getti sono o no intermittenti e, in caso affermativo, con quali fenomeni sia connessa codesta intermittenza. Osservare le materie minerali meccanicamente trascinate dalle acque termali e dai soffioni, e quelle che vi si trovano disciolte;

29. Raccogliere ed osservare gli animali attirati intorno ai crateri dalle eruzioni vulcaniche;

30. Raccogliere gli animali e le piante che vivono nelle acque termali e minerali;

31. Osservare nei vulcani sottomarini o littorali in eruzione come si comporta la lava incandescente, quando si trova in contatto delle acque del mare, se si consolida immediatamente e perde subito la sua

(1) Vedasi in proposito la *Cronaca del Vesuvio* del professore Luigi Palmieri, pag. 79. — Napoli, 1874.

incandescenza, se sviluppa gas e vapori abbondanti, se l'acqua marina si riscalda e ribolle a grande distanza.

Prima di abbandonare il tema dei vulcani avvertiamo il lettore che le analisi, di cui è fatto cenno nei capoversi 18, 19, 23, sono raccomandate soltanto a quei viaggiatori che fossero per avventura chimici peritissimi.

IV.

Lente oscillazioni del suolo.

La superficie terrestre non può mai dirsi neanche un istante in uno stato di perfetta immobilità. Incessantemente, in qualche punto della sua estensione, si avvalla o si solleva, con rapide scosse e sussulti (*terremoti*) o con insensibili e graduati movimenti (*lente oscillazioni del suolo*). Dei primi, in relazione con altri fenomeni endogeni, si tratterà in apposita appendice.

Dacchè l'attenzione dei naturalisti fu richiamata sulle oscillazioni lente del suolo, e le ricerche divennero più generali e più attente, si verificarono in moltissimi luoghi segni di tali movimenti. È notissimo il fatto di parte della Scandinavia che si solleva in ragione di circa un metro per secolo. La Groenlandia invece si avvalla e però il mare invade poco a poco il littorale occupato dalle capanne dei coloni danesi. Gran parte del bacino mediterraneo sembra in via d'innalzamento e si solleva con esso la costa occidentale della penisola italiana, mentre si adimano all'incontro le rive dell'Adriatico.

I movimenti del suolo si desumono d'ordinario da mutamenti avvenuti nei livelli rispettivi di due o più punti. Gli edifizi situati in posizione culminante possono talvolta servire di mira per verificare siffatti mutamenti.

Senonchè le osservazioni di questa natura raramente possono essere fatte da uomini tecnici e dar risultati precisi per grandi estensioni di paese. Per riconoscere le oscillazioni di cui teniamo discorso si suol riferire il livello della terra ad un orizzonte che si ritiene invariabile, cioè al livello medio del mare.

Tal criterio però non può dirsi di una assoluta precisione. Prescindendo infatti dalle alterazioni temporarie cui va soggetto il livello del mare in conseguenza del moto ondoso, delle maree, dei venti, non è irragionevole il supporre con Trautschold e Schmick che le acque marine possano subire una permanente diminuzione. In fatti è chiaro che le roccie anidre di cui gran parte risulta la crosta terrestre debbono

appropriarsi una gran copia d'acqua per convertirsi in roccie idrate, acqua che non può essere rimessa in libertà sotto forma di vapore se non in piccolissima parte. Peraltro, mentre non si può dubitare che nei più remoti tempi geologici, quando cominciava la condensazione del liquido elemento alla superficie terrestre, questo debba essere stato sottratto in gran copia, è lecito d'altra parte supporre che l'idratazione sia grado grado scemata e divenuta tenuissima, perciocchè le roccie idrate superficiali hanno precluso all'acqua il contatto con quelle ancora inalterate. Di più, che così sia, ad onta delle asserzioni in contrario dei citati naturalisti, si deve arguire da che simultaneamente, negli stessi bacini oceanici, il mare si ritira da taluni littorali e su altri si avanza.

Nelle investigazioni di cui si tratta si considera adunque il livello del mare come orizzonte invariabile. Ciò premesso, si reputano segni di lento innalzamento del suolo, nei littorali marini le condizioni qui appresso enumerate:

1° Spiaggie emerse per un tratto più o meno lungo, come sono quelle di Pisa e di Livorno, del Mar Rosso, del Chilì settentrionale, del Perù, ecc.

2° Conchiglie marine fossili o subfossili libere o accluse in qualche recente formazione (arenaria, panchina, conglomerato, come si vedono presso Monaco, presso Cagliari, all'isola d'Ischia, sulle coste di Tunisia, ecc. Dalla proporzione rispettiva delle specie viventi ed estinte si può giudicare fino ad un certo punto della loro antichità relativa.

Banchi e scogliere madreporici situati ad una certa altezza sul livello del mare come se ne osservano all'isola Maurizio, a Madagascar, alle Antille, ecc.

Scogliere più o meno elevate sul mare, perforate da molluschi che sogliono annidarsi nel sasso, come le foladi, i datteri di mare ed altri.

Questi molluschi vivono tutti sotto il livello della bassa marea e praticano nelle rocce fori larghi e lunghi quanto il proprio guscio, fori che, per la forma particolare e la regolarità, agevolmente si riconoscono. Lo strumento che serve loro a tale ufficio è la conchiglia munita a tale scopo alle sue estremità di minute scabrezze che agiscono a guisa di lima. Si vuole che in alcune specie l'azione meccanica sià coadiuvata dall'azione chimica di una secrezione acida.

Chiudiamo questa parentesi e procediamo nella enumerazione delle traccie di sollevamenti lenti:

Cordoni littorali formati dalla azione combinata di una lenta emersione della spiaggia e dei venti. Questi cordoni limitano bene spesso lagune e paludi come sulle coste della Sardegna, presso Tunisi, ecc. Si avverta che la medesima configurazione topografica può anche dipen-

dere dal moto ondoso del mare e dal vento, da correnti littorali e più comunemente dalla sedimentazione che si verifica nell'estuario dei fiumi, ove le acque dolci cariche di materiali terrosi sono rallentate o impedite nel loro corso dall'incontro delle acque salse.

Terrazzi paralleli alla costa, scaglionati a varie altezze sul livello del mare, come se ne osservano sui lidi della Scozia, della Sardegna, della Sicilia. Questi terrazzi rappresentano antichi depositi di spiaggie a pendìo ripido, foggiate perciò a scarpa.

Ghiacciai cresciuti in estensione che invadono terreni altra volta coperti di vegetazione. Si noti però che questo fatto può essere una conseguenza di circostanze climatologiche estranee ai movimenti del suolo.

Isole divenute penisole, golfi e baie fattisi più angusti o convertiti in stagni o lagune. Secche comparse ove il mare era libero, secche già note convertite in isole, condizioni idrografiche mutate per diminuzione di fondo. Il primo caso si è verificato a Sestri Levante, ove la cosiddetta isola, che ora è unita al continente, era in tempi storici circondata per ogni parte dal mare.

Ben s'intende, trattandosi di mutamenti nelle condizioni idrografiche nei mari, che non debbono attribuirsi ai movimenti della corteccia terrestre se non quando si è certi che sono estranei alla sedimentazione, all'accrescimento dei banchi coralligeni ed ad altre cause estrinseche.

Avanzi di costruzioni originariamente fondate in mare, ora situati ad una certa distanza da esso o ad una certa altezza sul suo livello.

Resti di navi, ancore ed altri attrezzi navali giacenti entro terra all'asciutto. La prima circostanza si verifica, a quanto sembra, a Noli e presso Chiavari; della seconda si ebbero esempi in Scozia.

Le traccie di avvallamenti si manifestano con minor frequenza e consistono principalmente in ciò:

Scogliere tagliate a picco, scoscese, incavate sotto il livello del mare dalla azione distruttiva dei flutti; sui lidi bassi spiaggie strette e poco profonde.

Penisole convertite in isole; secche, scogliere, isole scomparse di cui si conservano antiche memorie, lagune, stagni, laghi comunicanti col mare più o meno ampliati o cangiati in golfi e baie. S'intende che tutti i fenomeni anzidetti possono ripetere l'origine loro non solo dai movimenti del fondo, ma anche dalla erosione prodotta per opera di correnti o delle onde, quindi conviene usare molta circospezione nell'apprezzarne il significato.

Nel letto dei fiumi, profondità grande dei depositi fluviali, discen-

denti molto al di sotto del livello marino, come avviene per l'appunto nella laguna veneta. Un tal fatto d'altronde non può accertarsi che in casi speciali, cioè ove si eseguiscono fori artesiani o pozzi o dove esistono spaccati naturali o artificiali.

La presenza nei bassi fondi di mozziconi di legno, resti di antiche foreste.

Ove l'abbassamento sia avvenuto in tempi storici, antiche costruzioni, colonne, ruderi, tombe, strade, sommersi, come si osserva nell'isola di Malta, lungo le due rive dell'Adriatico e in altri luoghi.

Attorno alla costa dei continenti ad una certa distanza da essi, nei mari tropicali ed equatoriali, barriere madreporiche, negli stessi mari, gli *atolli* o scogliere madreporiche anulari.

Gli edifizi madreporici di questi tipi forniscono i criteri più sicuri per riconoscere gli avvallamenti dei fondi coralligeni, criterii la cui scoperta è dovuta a Carlo Darwin (1).

Affinchè le osservazioni in proposito acquistino maggiore importanza scientifica, si richiede :

a) Che, sopra una buona carta, sieno indicati con precisione, per mezzo di segni convenzionali, i punti nei quali si sono riconosciute traccie d'innalzamenti o di abbassamenti del littorale, nonchè le misure approssimative di tali oscillazioni;

b) Che si segnino, sulla medesima, le località vicine in cui si trovano vulcani in attività od estinti e quelle in cui si verificano manifestazioni secondarie dell'attività vulcanica, come: solfatare, getti di vapore o di gas infiammabili, acque termali, ecc.

Alcuni saggi dei fossili e delle roccie (2) esistenti nei punti ove fossero fatte osservazioni degne di nota saranno corredo utilissimo alle medesime.

Quando i fossili raccolti fossero conchiglie, potrà riuscir utile di verificare se si trovano nella posizione stessa che occupavano quando i loro molluschi erano viventi, o se invece sono disposte confusamente e rimaneggiate. Verificandosi il primo caso, i fossili saranno stati verosimilmente emersi da un sollevamento repentino.

Gioverà del pari interrogare gli abitanti del littorale, per sapere se ebbero cognizione di simili oscillazioni del suolo, se furono lente o repentine, se cessarono di manifestarsi o se continuano ancora al pre-

(1) Vedasi in proposito l'ultima edizione dell'opera di Darwin intitolata: *Les recifs de corail, leur structure et leur distribution*, trad. Cosserat. — Paris, Baillière et C., 1878.

(2) Massimamente di roccie ignee, come lave, basalti, serpentini, porfidi, graniti.

sente, se il paese è soggetto o no a terremoti. Le tradizioni locali in proposito saranno anche utili a consultarsi.

L'ispezione di antiche carte idrografiche potrà talvolta somministrare dati interessanti circa i mutamenti avvenuti di recente nella configurazione delle coste e nella profondità delle acque.

PARTE QUARTA

FOSSILI.

La parola *fossile* significava anticamente qualunque oggetto sepolto nel terreno; ora invece si chiamano fossili gli avanzi o le traccie di corpi organici sepolti nel terreno per opera di cause naturali.

Sono fossili, oltre i resti di animali, come ossa, conchiglie, gusci, i residui vegetali di ogni maniera, le piante o le parti di piante petrefatte, le *impronte*, le *contro-impronte* d'animali o di vegetali (1), i *modelli interni* ed *esterni* (2), di conchiglie, le orme d'animali e i *modelli* di orme e le *coproliti* (3). Si pongono pure nel novero i resti d'industria umana che trovansi sepolti nelle alluvioni più o meno antiche e sotto le concrezioni stalagmitiche delle caverne. Finalmente anche le *impronte fisiche*, lasciate su antichi sedimenti dalla pioggia, dalla grandine o dalle ondulazioni delle acque, sono da taluno considerate come fossili. Lo studio dei fossili o *paleontologia* si divide in due rami principali; la *paleozoologia* che ha per oggetto i fossili animali, e la *paleofitologia* che si occupa delle piante. Questi non sono in ultima analisi che applicazioni della zoologia e della botanica (4).

(1) La *controimpronta* è un modello in rilievo d'una impronta concava.

(2) Una sostanza minerale che si sia modellata nella cavità interna di una conchiglia, rimanendo isolata dopo la distruzione di questa, costituisce un *modello interno*. Se la sostanza ha riempiuto invece il posto lasciato vuoto da una conchiglia, dopo che questa sia distrutta (rimanendo o no nella cavità il modello interno), ne risulla un *modello esterno*.

(3) Le coproliti non sono altro che feccie fossili.

(4) Per la paleozoologia generale sono da raccomandarsi le seguenti opere :

D'Orbigny, *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie statigraphique.* — Paris, Victor Masson, 1849 ;

F. G. Pictet, *Traité de Paléontologie ou histoire naturelle des animaux fossiles.* — Paris, J. B. Baillère, 1853-57 ;

The Paleontographical Society institued MDCCCXLVII. — London. (Preziosa collezione di memorie paleontologiche).

D'Archiac, *Introduction à l'étude de la Paléontologie stratigraphique.* — Paris, 1862-64.

I corpi organici fossili hanno spesso subìto profonde alterazioni chimiche e fisiche, le quali consistono principalmente nella introduzione di nuovi elementi nel loro organismo o in uno scambio di materiali fra il tessuto loro e il terreno circostante.

I vegetali fossili sono abitualmente carbonizzati ed hanno perduto la massima parte dell'idrogeno e dell'ossigeno che contenevano. Generalmente, sono tanto più ricchi di carbonio, quanto è maggiore l'antichità loro; ma, oltre all'antichità, anche l'azione di una elevata temperatura ed altre circostanze possono aver contribuito alla loro carbonizzazione. Nei fossili vegetali che sono ridotti quasi a solo carbonio è anche scomparsa ogni traccia di struttura organica.

In alcune conchiglie, in molti polipai, la fossilizzazione fu accompagnata da una sorte d'imbibizione, o meglio di riempimento, per cui, tutte le loro cavità furono ricolme di un minerale pietroso o metallico, recatovi per lo più dalle acque (pseudomorfosi). In altri casi si operò una vera sostituzione di materia, in virtù della quale, senza che si manifestasse alcuna alterazione nella sua forma, una conchiglia calcarea si convertì, per esempio, in pirite, in limonite, in baritina o in silice (epigenesi). La vera *petrificazione*, di cui si ha un bello esempio nei tronchi d'albero silicizzati, proviene dalla sostituzione chimica della silice alla materia costitutiva del tessuto organico. Essendo questo un fenomeno chimico, il quale può effettuarsi in tempo relativamente breve, non implica che il fossile sia di età assai remota. Il concetto di fossile e quello di petrefatto sono adunque indipendenti dall'antichità.

I fossili animali e vegetali si classificano in ispecie, generi, famiglie, ordini, ecc., come gli animali e le piante viventi; senonchè nello ordinamento loro si prescelgono i criterii distintivi che abitualmente non scompariscono colla fossilizzazione. Le classificazioni paleontologiche degli animali sono fondate principalmente sulla forma e disposizione dei denti, delle ossa, dei dermatoscheletri, delle conchiglie; quelle delle piante hanno per base la forma delle foglie, la struttura dei tronchi, ecc.

Le specie fossili possono essere *identiche* od *analoghe* a specie viventi (1). Esistono anche molte specie di fossili *diverse* affatto da tutte le specie viventi conosciute e queste diconsi *estinte*. Vi sono del pari *generi, famiglie, ordini estinti*; vale a dire gruppi di animali o di piante, più o meno distinti, di cui non rimangono più rappresentanti nell'attualità. Il mammut (*Elephas primigenius*) è una specie estinta del

(1) Le specie cosidette *analoghe* sono considerate da taluni come varietà delle specie viventi, da altri come tipi da cui queste sono provenute, modificandosi lievemente.

genere elefante; il mastodonte (*Mastodon*) è un genere estinto di proboscidiani. Il pterodattilo (*Pterodactylus*) è una famiglia estinta di rettili, le cui specie portavano ali come i pipistrelli.

I fossili, e specialmente gli avanzi di animali, si possono generalmente distinguere, secondo la provenienza loro, in *terrestri*, *lacustri* o *fluviatili*, *d'estuario* e *marini*. Tale distinzione si consegue il più delle volte col paragone che si istituisce tra le specie fossili e le consimili viventi. In certe classi di animali la configurazione e struttura del corpo indica chiaramente qual sia la stazione della specie; è facile, per esempio giudicare dalla ispezione dello scheletro di un rettile se la specie cui appartiene sia terrestre od acquatica.

Un trattato, comunque succinto, di paleontologia non potrebbe trovare luogo in questa modesta guida. Tuttavolta esporremo concisamente alcune considerazioni sui fossili più caratteristici e sulla loro importanza per la distinzione dei terreni, nonchè sulla raccolta e conservazione loro.

Non si incontrano resti umani fossili nei terreni stratificati che per eccezione e nei sedimenti più recenti. Se ne trovano invece più comunemente in certe caverne ossifere che servirono di dimora o di sepolcro, ed in tali condizioni sono generalmente accompagnati da armi e suppellettili, foggiate dall'uomo stesso, e dagli avanzi degli animali di cui si cibava (1).

Al raccoglitore di oggetti naturali incombe l'obbligo, ad ogni modo, di non trascurare alcun mezzo per procurarsi tali preziose reliquie. Egli ascriverà a somma ventura ogni scoperta di simil genere; e per raggiungere il proprio intento dovrà esplorare diligentemente i terreni di sedimento recenti e massime quelli che danno ricetto ad abbondanti ossa di mammiferi. Se questi terreni contengono selci lavorate, ceneri, carboni, ossa infrante artificialmente, conchiglie di molluschi eduli ed altri indizii favorevoli, saranno assai maggiori le probabilità di riuscita.

L'esplorazione si potrà tentare ove esistono degli spaccati naturali od artificiali e specialmente lungo i fiumi e i torrenti. Gli scavi vogliono esser fatti con molta cautela per non infrangere e non confondere gli oggetti che si vanno scuoprendo. È utile di distinguere i varii strati di terreno in cui penetra lo scavo e di separare i fossili che ne provengono. Si deve poi attentamente osservare, nel caso che vi si rac-

(1) Vedasi in proposito:

Lyell, *L'Ancienneté de l'Homme prouvée par la Géologie*, trad. par Chaper — Paris, Baillière et f^ls, 1869. (Ne esiste una edizione inglese del 1873).

Hamy, *Précis de Paléontologie humaine* — Paris, Baillière et fils, 1870.

colgano fossili, se il deposito contiene frammenti di roccie angolose o ciottoli, se i fossili sono logorati o no, se sono disposti a caso o in un certo ordine, se le ossa giacciono disperse o unite secondo le loro naturali connessioni, se il terreno non presenta niuna differenza di colore e di compattezza laddove dà ricetto ai fossili. Da tali osservazioni si inferisce se il terreno è o no rimaneggiato e se i fossili si sono depositati contemporaneamente alla sua formazione.

Bisognerà poi esaminare le cavità e le spaccature delle roccie, per vedere se contengono breccie ossifere e, in caso affermativo, estrarne diligentemente i fossili cui danno ricetto. Le breccie ossifere presentano d'ordinario un colore rossiccio, mediante il quale è facile distinguerle a prima vista dalle roccie incassanti.

Le caverne ossifere possono dar ricetto ad ossa umane cementate in breccia, insieme a materiali frammentarii, oppure conservate nel terriccio che forma d'ordinario il suolo delle grotte, terriccio bene spesso coperto da uno o più letti di salda stalagmite.

Nell'esplorazione delle caverne ossifere è d'uopo, da principio, praticare uno scavo in un punto ove la breccia o il terriccio ossifero presentano maggiore spessezza (il quale punto corrisponde per lo più alla massima depressione del fondo). Nel detto scavo deve comparire la sezione dei varii strati che costituiscono il suolo della grotta. Ciò fatto, le indagini debbono proseguirsi strato per strato, in guisa da non confondere gli oggetti che vanno incontrandosi ai varii livelli.

Debbono essere accuratamente conservati, colla precisa indicazione stratigrafica della provenienza loro, i fossili umani (e sopratutto i crani), tutte le ossa e i denti d'animali che s'incontrano nella caverna, le conchiglie lavorate od intatte e non meno di queste gli oggetti d'antica industria umana, come armi, utensili di pietra o d'osso, cocci di stoviglie. (Vedansi in proposito le istruzioni per l'Antropologia.)

Chi vuole investigare grotte o caverne preferisca sempre l'esplorazione di quelle che non furono sconvolte da altri. Abbia poi presente che, bene spesso, le caverne intatte hanno il suolo coperto di così spesse e salde concrezioni calcaree che, coi mezzi ordinari, si richiederebbero parecchie giornate di lavoro d'un robusto operaio per mettere a nudo, anche per piccolo tratto, il terriccio fossilifero sottoposto. In tale caso, per risparmiare tempo e fatica, conviene spezzare lo strato concrezionato per mezzo di piccole mine a polvere o a dinamite.

Anche nelle torbiere e nel fondo dei bacini lacustri si possono trovare resti umani più o meno antichi associati ad avanzi di industria primitiva.

I resti di mammiferi, di qualsiasi terreno, sono sempre interessan-

tissimi pel paleontologo, massime quando provengono da regioni poco note (1).

Lo scheletro, i denti, il dermatoscheletro, assai più raramente le unghie, le cartilagini, le parti molli sono conservate in questi fossili. Sulle rive del mar Glaciale artico e in vari punti della Siberia, furono trovati nella terra ghiacciata ossami di mammut (specie d'elefante estinta), cui aderivano ancora i legamenti, gli unghioli e pezzi di pelle coperti di lunghi velli rossicci. Questi avanzi, di grandissimo pregio, sono affatto eccezionali.

I resti di mammiferi sono comuni in certi terreni quaternari e terziari, rari nei secondari. I più antichi furono rinvenuti nel trias superiore.

I resti di mammiferi terrestri si trovano abitualmente nelle breccie ossifere, nelle caverne, nei sedimenti lacustri e palustri, nei depositi di torba, nei giacimenti di lignite e in quelli di gesso e di fosfati. Le ossa di mammiferi marini (cetacei, carnivori marini) si trovano invece nei sedimenti depositati dal mare, insieme agli avanzi di pesci, di molluschi marini e di echinodermi e si riconoscono facilmente per la loro struttura spugnosa.

Offrono presentemente un interesse grandissimo, in ordine alle controversie che si agitano tra i naturalisti, gli avanzi di scimmie, massime delle antropomorfe. In Europa si trovano consimili resti in vari giacimenti miocenici e pliocenici.

I migliori caratteri distintivi si desumono nei mammiferi dall'apparato masticatorio; però i denti meritano di essere più d'ogni altra parte ricercati dal paleontologo.

In Italia si occuparono di mammiferi fossili il professore Capellini di Bologna, il professore Cornalia di Milano, il professore Guiscardi di Napoli, il professore Gemellaro di Palermo, il dottore Forsyth Major di Firenze, il professore Meneghini di Pisa ed altri.

Gli uccelli sono più rari dei mammiferi e generalmente poco ben conservati allo stato fossile. Si trovano *ornitoliti* od uccelli fossili nei sedimenti d'acqua dolce, nelle caverne o breccie ossifere, nella torba, nel guano. I più antichi furono rinvenuti nei piani inferiori dell'epoca secondaria; ma il maggior numero appartiene all'epoca terziaria.

Sono degni di nota i resti di uccelli estinti trovati nella Nuova Zelanda (*Dinornis*), nell'isola della Riunione e nell'isola Rodriguez, e le

(1) Per la determinazione dei mammiferi e di altri vertebrati fossili è di grande utilità l'opera di R. Owen, intitolata: *Odontography or a treatise on the comparative anatomy of the teeth.* — London, N. Baillère, 1840-45.

enormi ossa ed uova di *Epyornis* scoperte nell'isola di Madagascar, in certe dune recentissime.

I rettili, scarsamente rappresentati allo stato fossile nei terreni terziari e quaternari, offrono invece un grande sviluppo nei vari piani dell'epoca secondaria e si mostrano fin dal così detto periodo carbonifero. Rettili fossili si trovano in molti terreni di sedimento, lacustri e marini, e nei depositi di litantrace.

Si incontrano nei terreni liassici d'Inghilterra non pochi scheletri completi di rettili, nei quali vedonsi anche le vestigia dei tendini. Bene spesso sono conservati denti e squame appartenenti a questi animali. Finalmente loro si attribuiscono una gran parte delle coproliti che tanto abbondano in certi giacimenti.

Sono a rammentarsi, fra i fossili più interessanti di questa classe, i rimasugli d'una testuggine, il cui scudo aveva 5 metri di diametro, rinvenuti nel miocene dell'Imalaia, i giganteschi ittiosauri liassici, i plesiosauri cretacei, i pterodattili dell'oolite e del lias, ecc.

I pesci fossili o *ittioliti* sono assai più numerosi di tutti gli altri vertebrati fossili e s'incontrano in terreni spettanti a quasi tutte le età geologiche, cominciando dalle più remote. Nelle ittioliti si osserva spesso lo scheletro completo, colle ossa disposte secondo le connessioni naturali. Naturalmente i pesci cartilaginei sono meno comuni degli ossei; si trovano tuttavia in perfetto stato di conservazione i loro denti, le piastre ossee di parecchie specie e le squame di altre. La classificazione dei pesci fossili più generalmente adottata riposa sulla forma delle squame e fu proposta da Agassiz.

La distribuzione geografica dei pesci fossili, non offre alcun rapporto apparente con quella delle specie viventi.

Le ittioliti abbondano in certi giacimenti marini o d'acqua dolce, tra i quali è celebratissimo quello del monte Bolca nel Veronese (1).

Gli avanzi di articolati allo stato fossile sono piuttosto rari e consistono, il più delle volte, in impronte più o meno riconoscibili, o, (per quanto concerne gli insetti e i crostacei) in frammenti di dermatoscheletro.

Si trovano, peraltro, nell'ambra e nel copale, degli articolati, e specialmente degli insetti, in uno stato di conservazione veramente mirabile. Queste due sostanze non sono altro, secondo l'ipotesi più generalmente accettata, che resine stillate dalla corteccia di vegetali di specie estinte; e di leggieri si comprende come, essendo originariamente

(1) In Italia descrissero pesci fossili il signor Roberto Lawley di Montecchio e il dottore F. Bassani di Padova.

liquide, invischiassero molti animaletti, scorrendo sui tronchi delle piante che le producevano.

I frammenti di ambra e di copale, contenenti insetti, debbono essere raccolti con somma cura, perchè assai ricercati dagli amatori di cose naturali. La fauna loro è studiata al presente con particolare diligenza dal professore Mayer di Vienna.

In certi sedimenti d'acqua dolce, terziari o secondari, costituiti di materiali assai tenui e depositati con lentezza e uniformità, si trovano più o meno conservati copiosi resti di articolati; così ad Oeningen in Isvizzera, e ad Aix in Francia.

I crostacei si trovano generalmente in terreni marini conchigliferi, come, per esempio, nella pietra di Malta. Tra questi articolati, i cirripedi (balani e anatife), si raccolgono abitualmente impiantati su altri fossili e in particolar modo sulle conchiglie.

Merita qui speciale menzione un ordine interessantissimo di crostacei estinti, quello cioè dei *trilobiti*, il quale è caratteristico dei più antichi terreni sedimentari, vale a dire dei terreni paleozoici. I trilobiti si presentano d'ordinario sotto la forma di scudi ovoidali, composti di articoli divisi in tre parti da due depressioni laterali. I tegumenti che costituiscono lo scudo sono formati di due strati distinti: uno esterno sottile, spesso ornato di strie o di granulazioni, l'altro interno più solido. Le proporzioni rispettive e il numero degli articoli dell'addome e del torace sono svariatissimi. L'articolo anteriore, generalmente di forma semicircolare, porta gli occhi. Le zampe (non conservate dalla fossilizzazione), erano verosimilmente molli.

I molluschi, animali dotati generalmente di conchiglia, somministrano amplissimo materiale alla paleontologia.

Le conchiglie fossili si trovano, si può dire, quasi in tutti i terreni, presentandosi bene spesso con una prodigiosa varietà di forme ed un numero incalcolabile di individui. Le specie loro sono tre volte più numerose del complesso di tutti i fossili spettanti alle altre classi della zoologia.

Lo studio delle conchiglie è una scienza estesissima che male potrebbe essere riassunta in poche pagine. Ci limiteremo ad indicare qui alcuni tipi di conchiglie che meglio servono a fissare taluni dei più distinti orizzonti geologici.

Tra i cefalopodi (1), la famiglia estinta delle *belemniti* comprende certe conchiglie interne cornee e testacee di forma cilindro-conica, assai allungate, internamente perforate da un canale o sifone laterale o

(1) Vedasi intorno, al significato di questo vocabolo, la parte zoologica. Sono *cefalopodi* i polpi, le sepie, i moscardini, i *Loligo*, ecc.

marginale, le quali possono riguardarsi come equivalenti agli ossicini delle sepie. Le belemniti s'incontrano esclusivamente nei terreni mesozoici e parecchi dei generi di questa famiglia caratterizzano vari piani in cui si divide l'epoca secondaria.

Le *ammoniti* costituiscono un'altra famiglia importantissima di cefalopodi, la quale comincia a comparire col periodo siluriano, dell'epoca paleozoica, e finisce col cretaceo. Le specie del genere *Ammonites* (il più ricco e caratteristico di questa famiglia) offrono conchiglie avvolte in spira e separate in molte cavità, per mezzo di setti angolosi e ramolosi, i cui margini si disegnano all'esterno con eleganti frastagliature. Tali cavità comunicano fra loro mediante un canaletto, detto *sifone*, che segue il margine dorsale della conchiglia.

Tra i gasteropodi (1) si distinguono agevolmente i terrestri e quelli d'acqua dolce dai marini. I primi hanno una conchiglia generalmente più sottile, più fragile, di piccole dimensioni e munita di una epidermide delicatissima che facilmente cade e si distrugge; i loro colori sono meno vivi e meno variati. Le conchiglie di gasteropodi terrestri e di acqua dolce sono assai meno copiose delle marine e si trovano nei giacimenti stessi nei quali abbondano gli avanzi di mammiferi e di uccelli.

Il genere estinto *Nerinea*, la cui conchiglia è turriculata, allungata, coll'apertura più o meno dentata e coll'asse della spira munito di profonde solcature spirali, appartiene ai gasteropodi marini e si trova nei terreni eocenici, cretacei e giurassici.

I gusci di pteropodi (2) si trovano di rado allo stato fossile, fra quelli dei gasteropodi marini.

Dei lamellibranchi (3) troviamo copiosissime spoglie in tutti i terreni e massimamente nei più recenti. Il maggior numero di esse appartiene a molluschi marini, altre spettano invece e specie d'acqua dolce o d'estuario.

A quest'ordine di molluschi si riferisce verosimilmente la famiglia delle *rudiste*, una delle più interessanti pel geologo. Essa risulta di parecchi generi (tutti propri ai terreni secondari), le cui conchiglie

(1) Molluschi muniti di un disco carnoso (situato alla parte inferiore del loro corpo) per mezzo del quale strisciano. Hanno una testa distinta, guarnita ordinariamente di tentacoli e, il più delle volte, portano una conchiglia che è esterna o chiusa in un tegumento. (Vedasi la *Zoologia*).

(2) Sono molluschi marini simili a gasteropodi, i quali si trovano generalmente galleggianti o natanti nel mare; hanno conchiglie sempre piccole, sottilissime e trasparenti.

(3) Sono quei molluschi sprovvisti di testa che sogliono essere difesi da una conchiglia bivalve come le ostriche, i mitili, le telline, ecc.

sono costituite da due valve assai disuguali a pareti spesse, traforate di canaletti semplici o ramosi. Nell'*Hippurites* la valva inferiore, assai voluminosa, è fissa ad altri corpi marini ed ha forma di cono cavo, mentre la valva superiore è libera e costituisce come un coperchietto che si adatta sulla prima. Questa è inoltre perforata da numerosi canaletti che mettono la cavità interna in comunicazione coll'esterno.

I brachiopodi (1) furono molto più ampiamente rappresentati nel passato di quel che non sono nell'attualità. Presenti in quasi tutti i piani geologici, cominciando dai più antichi, vi figurano quasi sempre con forme peculiari (2).

Dei tunicati mancano quasi del tutto spoglie fossili, perchè questi animali sono sprovvisti di parti dure.

Agli anellidi fossili si riferiscono certe impronte meandriformi chiamate *nemertiliti* e certi gusci a foggia di tubi più o meno irregolari provenienti da formazioni marine.

I briozoarii sono per le forme esterne simili ai polipi, di cui tratteremo più innanzi, ed hanno analoga stazione. Essi compariscono nei terreni colle prime traccie della vita animale e si continuano fino alla attualità.

L'ordine degli echinidi (ricci di mare), uno dei più importanti della classe degli echinodermi, è rappresentato da buon numero di generi, che cominciano a comparire nei terreni carboniferi ed offrono il loro sviluppo massimo nei cretacei. Di certi echinidi trovansi fossili, i radioli (organi corrispondenti alle spine dei comuni ricci di mare) che assumono talvolta forme assai bizzarre.

L'ordine delle asterie o stelle di mare, assai più scarso di generi e di specie, si presenta per la prima volta nel periodo siluriano e si manifesta con forme peculiari in ogni tempo fino all'attualità. Il gruppo degli ofiuridei collega le asterie coi bizzarri crinoidi che, comparsi con gran copia di generi e di specie nei primordi della vita animale sul globo (cominciando dal periodo siluriano), divennero poscia sempre più rari; ma tuttora persistono con scarsi tipi.

Tra i celenterati la classe dei polipi somministra copiosi avanzi testacei (polipai), talora perfettamente conservati, nei terreni recenti, come negli antichi. La comparsa di questi fossili data dai primordii

(1) Molluschi più imperfetti dei lamellibranchi, privi di ogni apparato locomotore e muniti di conchiglia bivalve.

(2) In Italia si citano fra i più competenti conoscitori delle conchiglie fossili il professore Bellardi di Torino, il dottore Foresti di Bologna, il dottore Sordelli di Milano, il dottore De Stefani di Siena, il professore d'Ancona di Firenze, il professore Seguenza di Messina.

dell'epoca paleozoica. In vari piani geologici ne esistono delle accumulazioni gigantesche, paragonabili alle isole ed alle scogliere madreporiche dei mari tropicali. Lo studio loro somministra utili indicazioni per la distinzione dei terreni, ma richiede molta diligenza ed una pratica tutta speciale (1).

Intorno alle spugne dobbiamo soltanto avvertire che quelle a scheletro corneo (simili alle comuni spugne viventi nei nostri mari) sono rappresentate da pochissime specie di fossili, tutte recenti, mentre quelle a scheletro testaceo si manifestano fino dai più antichi terreni, con un numero non piccolo di generi e di specie fossili ed hanno una estesa distribuzione stratigrafica.

Delle foraminifere troviamo in quasi tutti i terreni gusci fossili, la cui piccolezza è compensata dal numero sterminato. Intere formazioni, come quelle di Beloga, nei terreni carboniferi della Russia, o come le assise nummulitiche delle Alpi, come la pietra lenticolare di Parlascio in Toscana, ne risultano quasi esclusivamente. Le *nummuliti*, tra le altre, presentano una conchiglia discoidale foggiata in spira fittissima, con una apertura più o meno visibile, in guisa di fenditura trasversa. Nella sezione orizzontale, il guscio loro si mostra diviso in numerosissime loggie disposte a spirale. Le nummuliti caratterizzano perfettamente, nella serie dei terreni, l'eocene medio.

La raccolta delle piccole foraminifere e d'altre conchigliette esistenti in certi terreni, non si fa direttamente, ma raccogliendo e poscia sottoponendo ad un accurato esame le arene provenienti dal disfacimento di quei terreni.

Gli avanzi di piante fossili consistono il più delle volte in tronchi, rami e foglie, meno comunemente, in radici, frutti e fiori e si trovano per lo più carbonizzate o conservate dalla silicizzazione o da altra sostituzione di un minerale al tessuto organico; molte volte si riducono a semplici impronte. Dall'accumulazione di vegetali carbonizzati provengono i depositi di lignite, di litantrace (2) e verosimilmente anche di antracite, da cui l'industria ricava tanta copia di combustibili.

Il raccoglitore che desidera far incetta di *filliti* (così si chiamano complessivamente i vegetali fossili) dovrà ricercarli nei giacimenti di acqua dolce ricchi d'altri fossili e nelle vicinanze dei depositi di combustibili minerali, segnatamente negli strati scistosi e marnosi che ne dividono i vari letti, o che riposano al disopra o al di sotto dei medesimi.

(1) Il professore d'ACHIARDI di Pisa è autore di parecchi buoni lavori intorno ai polipai fossili.

(2) Si crede che la carbonizzazione di questi materiali non sia dovuta all'azione di una elevata temperatura, ma piuttosto ad una lentissima alterazione chimica.

Nei sedimenti marini non si trovano che scarsissime traccie di vegetali appartenenti in massima parte alla famiglia delle alghe. Le roccie non molto dure e che tendono a dividersi in lastre, a sfogliarsi, sono le più suscettibili di fornire i migliori campioni di filliti.

Si verifica anche tra le piante la legge generale che le famiglie appartenenti ai tipi organici più elevati compariscono nei terreni comparativamente più recenti. Le traccie più antiche di vegetali, fin qui avvertite, sono rudimenti di *fucoidi* (vegetali marini semplicissimi), rinvenuti nei piani inferiori dei terreni paleozoici. Il periodo carbonifero (così denominato perchè vi si riferiscono quasi tutti i giacimenti di litantrace) presenta una flora fossile ricchissima, costituita di specie estinte, le quali per la massima parte appartengono ai tipi delle felci, delle equisetacee e delle licopodiacee. In questa flora le piante fanerogame (1) costituiscono un'infima frazione.

Tra le piante carbonifere sono ragguardevoli le sigillarie, i cui tronchi, generalmente non diramati, offrono dei solchi longitudinali, e tra un solco e l'altro presentano delle cicatrici prominenti, di forma circolare, disposte simmetricamente. In mezzo ad ogni cicatrice si osservano tre piccole gibbosità che indicano i punti d'inserzione di fasci vascolari appartenenti ad una foglia (2). Sono del pari notevoli i *Lepidodendron*, gigantesche licopodiacee carbonifere, e le *Calamites*, equisetacee colossali che vissero nella medesima epoca e contribuirono grandemente a somministrare i materiali del carbon fossile.

Si hanno esempi non infrequenti di piante fossili terrestri e marine nei terreni pertinenti all'epoca secondaria, e specialmente nei liassici e nei triassici. Nei terreni cretacei, che alla parte loro inferiore offrono numerosi resti di cicadee e di conifere, comparisce per la prima volta la classe delle piante dicotiledoni, la quale costituisce la parte più ragguardevole della flora attuale.

La vegetazione acquista a poco a poco, nell'epoca terziaria, l'aspetto e i caratteri che possiede nell'attualità; senonchè le piante fossili riferibili alla detta epoca sembrano aver vissuto in climi assai caldi (3). Il periodo terziario medio, cui spettano molti depositi di lignite, è rappresentato in Europa da una flora ricchissima, come lo dimostrano le numerosissime filliti raccolte nella mollassa svizzera (4) ed in parecchi bacini miocenici italiani e francesi.

Gli esempi di vegetali fossili quaternari sono all'incontro assai più

(1) Vale a dire a riproduzione manifesta, in altre parole, dotate di fiori.

(2) Le *Stigmaria* considerate per lungo tempo come piante diverse dalle *Sigillaria* non sono altro che le radici di esse.

(3) O. Heer, *Flore tertiaire de la Suisse*. — Winterthur, Wurster e C., 1855-59.

(4) Roccia molto marnosa, così denominata localmente.

scarsi e di minore interesse. Tra questi citeremo diverse piante conservatesi per incrostazione, che furono cioè modellate da sedimenti calcarei depositati in acque incrostanti, ed altre petrificate, vale a dire convertite in silice (1).

Come esempi di giacimenti ricchi di avanzi vegetali possono citarsi gli strati di tripoli, i quali risultano quasi esclusivamente di gusci silicei di diatomacee microscopiche.

PARTE QUINTA.

RILIEVI GEOGNOSTICI E GEOLOGICI, CARTE, SPACCATI

Allorchè si vuole investigare la struttura geologica di un paese, si deve cominciare col formarsi un concetto giusto della sua configurazione.

Se il paese è montuoso, convien determinarne dapprima la posizione di punti culminanti, misurarne l'altezza, computare appossimativamente il pendio dei versanti delle catene montuose e dei monti isolati, poi osservare la direzione dei corsi d'acqua, tracciare i limiti dei singoli bacini idrografici.

Ben s'intende che se esistono carte topografiche o meglio geologiche delle località che si vogliono studiare o di luoghi circostanti, o se si possiedono in proposito altri documenti forniti da precedenti esploratori, bisogna sempre consultarli affine di risparmiare tempo e fatica (2).

I punti culminanti di una regione montuosa sono bene spesso costituiti di roccie d'emersione, come graniti, protogini, serpentine e simili; tal'altra volta risultano di roccie sedimentarie o metamorfiche più o meno antiche. Ad ogni modo, è assai importante verificare la natura di questi materiali e determinare il contorno delle masse loro.

In tal guisa si viene spesso a conoscere l'epoca nella quale ebbe luogo, tutto od in parte, il sollevamento, e si acquista un criterio prezioso per le ulteriori indagini. Se le dette masse fossero costituite, per esempio, di un calcare con nummuliti, vale a dire se fossero eoceniche, ecco in tal guisa stabilito il fatto che quei monti si sollevarono

(1) Si trovano in questo caso i tronchi di palma silicizzati che abbondano nel deserto libico, presso il Cairo, in Egitto.

(2) Per procurarsi le opportune indicazioni, intorno ai lavori già esistenti

quando già si erano depositati nei mari terziarii i sedimenti nummulitici, quindi posteriormente ai primordii dell'epoca terziaria. Da ciò si potrà argomentare che i fianchi di quei monti sono costituiti di materiali più recenti. Infatti sulle roccie più antiche, le quali costituiscono come il nucleo, come lo scheletro di ogni rilievo montuoso, le formazioni successivamente depositate si presentano disposte d'ordinario in stratificazioni imbricate, le cui linee di affioramento sono circoscritte più o meno regolarmente ai contorni delle prime. Senonchè tale disposizione tipica è frequentemente occultata dai rigetti, dalle frane, dalla denudazione e da tutti gli accidenti geologici che si troveranno descritti nei trattati di geologia.

Se le masse culminanti constassero di roccie ignee, non bisognerebbe sempre inferirne che fossero originate anteriormente alle sovrapposte sedimentarie, perciocchè potrebbero provenire da una emersione posteriore, avvenuta per qualche soluzione di continuità esistente fra le prime, come succede di certi espandimenti di lave, recentissimi, che formano tuttavia la vetta di montagne vulcaniche, costituite nel rimanente, di materiali ignei, e sedimentari di età assai più remota.

Procedendo dalla riva del mare o dal piano, perpendicolarmente alla linea o asse dei maggiori rilievi, si incontrerà adunque una serie di terreni che ha principio coi più recenti e termina in generale colla massa culminante relativamente più antica, ovvero con qualche emersione di roccia ignea. Tra i due punti estremi si distingueranno, gene-

sulla geologia d'una data località, il viaggiatore farà bene a passare in rivista i seguenti periodici speciali:

The quarterly Journal of the geological society. — London;

Bulletin de la Société géologique de France. — Paris ;

Neues Jahrbüch für Mineralogie, Geognosie, Geologie, und Petrefacten-Kunde herausgegeben, von K. C., von Leonhard, und H. G. Bronn;

Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. — Berlin;

Jahrbüch der K. K. geologischen Reichanstalt. — Wien;

Berg-und-Hüttenmannische Zeitung mit besonderer Berücksichtigung der Mineralogie und Geologie; redaction K. R. Bornemann und Bruno Kerl. — Freiberg.

Annales des mines redigées par les ingénieurs des mines. — Paris;

The American Journal of science and arts, conducted by Silliman, Silliman Junior and Dana. — Newhaven.

Mémoires de la Société géologique de France. — Paris

Bollettino del R. Comitato geologico. — Roma.

Allo stesso oggetto potranno consultarsi con vantaggio l'*Histoire des Progrès de la Géologie de* 1834 *à* 1859 (Paris, 1847-1860), di d'Archiac, e la *Revue de Géologie,* di Delesse e Laugel. — Paris.

La carta geologica della terra, di F. Marcou (*carte géologique de la terre,* 2e *édition.* — Zurich, Wurster et C. 1875), presentando accennata a grandi tratti la geologia dei continenti, è suscettibile di rendere grandi servizi al viaggiatore, somministrandogli alcune generali nozioni sui paesi che si propone di esplorare.

ralmente, le formazioni terziarie dalle secondarie per la natura litologica e per la rispettiva loro potenza. Sarà meno facile il separare i terreni paleozoici dai più antichi dell'epoca secondaria; ma vi si perverrà collo studio dei fossili, ove questi non manchino, e con un diligente esame comparativo delle varie specie di roccie presentate dai suddetti terreni.

Questo primo e rapido colpo d'occhio deve essere completato dall'esplorazione delle valli ed in generale dei bacini idrografici, nei quali si troveranno le alluvioni antiche e moderne che caratterizzano l'epoca quaternaria.

Un esame diligente dei giacimenti attraversati, una retta interpretazione del loro ordine di sovrapposizione, la presenza di certe specie di roccie, e soprattutto il ritrovamento dei fossili caratteristici, permetteranno all'osservatore di specificare talune divisioni cui appartengono i singoli terreni.

L'ispezione dei materiali fluitati dai torrenti e dai fiumi potrà somministrare utili indicazioni, ponendo il geologo sulle tracce di masse emersorie, di dicchi, di filoni, i quali, presentandosi sopra un'area ristretta, erano sfuggiti alle sue indagini.

Per chi è novizio in geologia, diremo che in pratica la specificazione cronologica dei terreni può riuscire talvolta difficilissima od anche quasi impossibile e, ad ogni modo, richiede faticose e lunghe ricerche. Le difficoltà dipendono principalmente da che, bene spesso, i materiali detritici provenienti dallo sfacelo dei terreni, la terra vegetale, e soprattutto la vegetazione, coprono e nascondono i caratteri geologici del suolo; da che vi sono in certi luoghi sprofondamenti, spostamenti, piegature, contorsioni e perfino veri rovesciamenti di strati, pei quali è alterato o invertito l'ordine cronologico della sovrapposizione, da che, finalmente, l'abrasione verificatasi alla parte superiore di molte formazioni sconvolte impedisce di rintracciare l'ordine originario degli strati.

Lo studio geologico di un tratto di paese, massimamente se offre una configurazione molto accidentata, come quella, per esempio, delle regioni alpine, è una impresa alla quale non deve dedicarsi se non chi già possiede ampio corredo di cognizioni pratiche e teoriche, molto tempo disponibile, e sia dotato inoltre di fermezza, perseveranza e robusta costituzione.

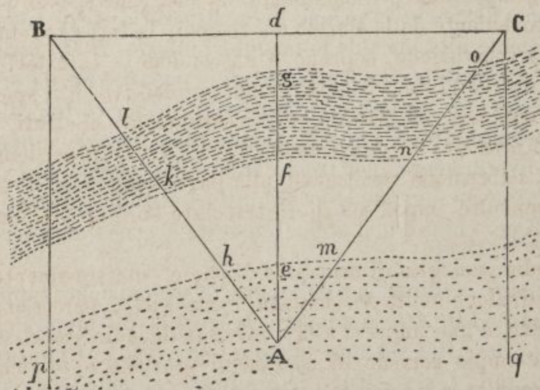
Le osservazioni che un viaggiatore va raccogliendo sulla costituzione geologica di un paese debbono essere notate in un apposito giornale. Ma oltre a ciò è utilissimo il riassumerle sopra una carta topografica od itineraria, in guisa che questa diventi un abbozzo di carta geognostica o geologica.

Importa da principio segnar sulla carta i contorni dei singoli terreni, nei quali si considera unicamente la composizione litologica, distinguendo l'una specie dall'altra con peculiari tinte o con altri segni convenzionali (1).

Si ottiene così una *carta geognostica* e a questa deve limitarsi l'esploratore che non sappia o non possa (per ragione di tempo o di mezzi) estendere le proprie investigazioni alla determinazione cronologica dei terreni, la quale riposa particolarmente sullo studio diligente della stratigrafia e dei fossili.

Ecco alcuni dati pratici per tracciare sulla carta i confini dei vari terreni;

Sia nel territorio da esplorarsi un villaggio, una stazione, una abitazione, un punto fisso *A* qualsiasi ben determinato sulla carta, il quale, per la sua posizione centrale e le comodità che offre, venga scelto dal geologo per quartier generale delle sue investigazioni; sieno *B*, *C* due punti culminanti situati, nello stesso territorio, sulla linea delle maggiori elevazioni. L'esploratore, dirigendosi dapprima da *A* perpendicolarmente sulla linea *BC*, noterà sulla carta il punto d'incontro *d*, poi segnerà lungo la linea *Ad*, che rappresenta il tragitto effettuato, i confini dei terreni osservati per via, i quali potranno cadere in *e*, *f* e *g*.



Osservando la configurazione del paese e la disposizione degli strati, il geologo avrà potuto a tutta prima formarsi un concetto generale della maggiore o minore regolarità che regna nella successione dei

(1) Il color *rosso* carminio è impiegato per lo più a controsegnare le roccie granitiche e porfiriche, il *roseo* ad indicare le roccie metamorfiche prive di fossili.

terreni e quindi sulla miglior via da scegliersi per determinare esattamente il perimetro di ciascuno di essi. Egli vedrà quindi se, per conseguire lo scopo, sia opportuno seguire passo passo le linee *h e m*, *k f n*, *l g o* (vale a dire i confini tra i varii terreni), o se pure meglio convenga rintracciarne presso a poco l'andamento, determinando con precisione i punti d'incontro dei detti confini colle linee itinerarie *A C*, *A B*, *C q*, *B p*, e con altre la cui scelta dipenderà da circostanze locali e principalmente dalla agevolezza delle comunicazioni.

Siccome i contorni delle formazioni sono in generale irregolari tortuosi, il primo sistema sarà per lo più da preferirsi al secondo, ben si intende quando non sia inapplicabile a causa degli accidenti del terreno o per altri ostacoli naturali. In ogni caso, il risultato delle osservazioni dovrà essere accuratamente registrato sulla carta.

Facilmente si comprende come, ripetendo l'operazione sopra descritta in varie direzioni e cangiando il punto di partenza, si possa raggiungere lo scopo di delimitare i terreni che costituiscono il suolo di un dato paese e di rappresentare graficamente, con una certa approssimazione, la distribuzione topografica di ciascuno di essi.

Se il paese fosse piano o quasi piano, i punti *B* e *C* potrebbero esser presi sopra una linea qualsiasi; è però preferibile che sieno scelti sulla perpendicolare ad uno dei principali corsi d'acqua.

Abbiamo detto che la prima linea itineraria deve condursi perpendicolarmente alla linea delle maggiori altezze *B C*, perchè in tal guisa è più probabile che l'esploratore s'imbatta fin da principio in una serie estesa di formazioni distribuite con un certo ordine. Ma la regola non è assoluta e può, in alcuni casi, tornar vantaggioso di procedere diversamente, per trovar subito un terreno più favorevole alle indagini o per evitare le località, il cui studio presenti difficoltà insuperabili per chi già non abbia imparato a conoscere i territori circostanti.

Per fissare la direzione delle gite d'esplorazione rappresentate dalle rette *Ad*, *AB*, *AC*, si adopera la bussola da mineralogista che abbiamo già descritta od una bussola topografica. I punti d'intersezione *e*, *f*, *g*, *h*, *k*, *l* si sogliono determinare coi metodi suggeriti dalla topografia (1), oppure, approssimativamente, calcolando il tempo impiegato per raggiungerli e riferendo la posizione loro a quella di punti noti già segnati sulla carta.

Si raccomanda al geologo viaggiatore l'uso di un buon barometro aneroide per la determinazione delle altitudini; ciò specialmente quando

(1) Vedi in proposito le istruzioni per la Geografia.

si proponga di eseguire sezioni o spaccati. In certi casi speciali può giovare un telemetro per misurare le distanze ed un piccolo sestante tascabile per fissare la posizione di punti importanti o verificare le indicazioni date dalle carte geografiche.

Nella esplorazione delle località molto accidentate e di accesso difficile gioverà talora al geologo di portarsi sopra un punto assai culminante e di verificare da quello, coll' aiuto d'un buon cannocchiale, l'estensione approssimativa di certe formazioni, delle quali non potrebbe seguire il contorno. L'aspetto di certe roccie, anche a distanza, basta, a chi possieda un po' di pratica, per riconoscerne all'ingrosso la natura litologica. Tra gli Appennini, è facile distinguere in lontananza le pendici scoscese, oscure, sterili, costituite di serpentina, da quelle d'argilla, di marna, di calcare. Sulle Alpi, non si confondono dall'alpinista le cime e i crinali di granito, foggiati a guglie verticali e a denti acuti, da quelli men frastagliati e a punte più ottuse, formate di scisti. La forma anulare o a cono tronco di un monte rivela immancabilmente l'esistenza di formazioni vulcaniche.

Nel segnare il contorno di masse rocciose assai circoscritte, converrà che il geologo si accerti possibilmente se si tratta di *roccie in posto*, di materiali franati o *di massi erratici*, che, in quest'ultimo caso, dovranno figurare sulla carta con speciali indicazioni. Finalmente, quando, lungo la linea percorsa, il terreno agrario e la vegetazione (1) nascondono la natura litologica del suolo, il geologo dovrà contentarsi di raccogliere qua e là, nelle vicinanze, i documenti di cui abbisogna: dovrà risalire i corsi d'acqua, massime quelli che hanno un carattere torrenziale, ed osservare le roccie denudate e corrose dalle correnti, dovrà ispezionare i burroni, le frane, gli scoscendimenti, nonchè i luoghi nei quali il sottosuolo sia stato artificialmente messo a nudo, come avviene nelle cave di pietra, nelle miniere, nei fossi d'irrigazione, ecc.

Segnati sulla carta geognostica i contorni dei terreni, questi debbono essere distinti, come già dissi, con particolari tinte.

Converrà poscia distinguere con segni convenzionali, sulla carta geognostica, quali roccie si presentano in istrati verticali, orizzontali o contorti. La prima condizione si esprime graficamente col segno -+-, la seconda col segno -|-, la terza con una linea ondulata ∿∿ ; l' inclinazione generale degli strati si suole indicare col segno ⋙ . Poi con altri segni si notano gli affioramenti di minerali metalliferi e di combustibili fossili e, se si vuole, anche le sorgenti di acque termali e minerali.

(1) In vasti tratti di paese, situati tra i tropici, in cui la vegetazione è assai rigogliosa, le investigazioni geologiche diventano perciò quasi impossibili.

Ben s'intende come ogni carta geognostica si possa convertire in carta geologica, assegnando a ciascuna tinta un valore cronologico.

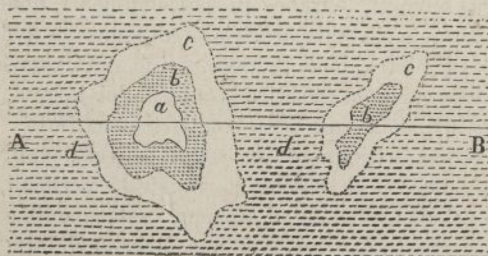
Le carte geognostiche e geologiche si costruiscono abitualmente su carte topografiche già esistenti e quindi sulla medesima scala. Ove mancano le carte topografiche, si costruiscono sulle basi delle carte geografiche di maggiori proporzioni, e se queste risultano troppo ridotte per contenere tutte le indicazioni richieste, si riproducono, tutte o in parte, in più grande scala.

Le carte geologiche che abbracciano un piccolo territorio, come sarebbe quello di uno dei nostri circondarii o dei nostri mandamenti, debbono esser fatte di preferenza ad una scala non minore di $\frac{1}{25000}$. Per territori più estesi si possono adottare scale diverse, secondo le circostanze e gli speciali intenti dell'operatore.

Nella pubblicazione delle dette carte si trascurano tutte le indicazioni geografiche, superflue pel geologo, che potrebbero generar confusione.

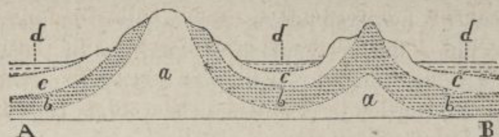
La costituzione geologica di un territorio si esprime non solo colle carte ma anche colle sezioni. Queste rappresentano il risultato di osservazioni dirette, ovvero sono, come suol dirsi, teoriche. Nel primo caso consistono nella riproduzione di spaccati naturali od artificiali; nel secondo riposano sopra osservazioni di fatto, coordinate da congetture più o meno plausibili. È sempre da preferirsi il sistema d'indicar nelle sezioni solo ciò che si vede.

Sia un territorio che offra la costituzione superficiale rappresentata dalla annessa figura. Se lungo una direzione fissa *A B*, si trovano



gli affioramenti dei terreni *a*, *b*, *c*, *d*, come mostra la figura, se si sarà verificato che il terreno *b* riposa su *a*, che *c* riposa su *b* e *d* su *c*; se si conosceranno le inclinazioni e le direzioni degli strati, le altezze alle quali la linea *A B* incontra i varii contatti, sarà possibile esprimere con molta verosimiglianza la costituzione di quel territorio collo spac-

cato teorico tracciato qui sotto nel quale l'andamento delle masse rocciose *a*, *b*, *c* è in gran parte ipotetico.



I vari terreni sono distinti negli spaccati dalle stesse tinte che servono a contrassegnarli nelle carte geologiche e geognostiche corrispondenti.

Gli spaccati vogliono essere fatti, possibilmente, proporzionali, vale a dire, le lunghezze e le altezze loro debbono riferirsi ad una scala determinata.

Talora si segue una scala maggiore per le altezze che per le larghezze, poichè, costruendo lo spaccato secondo una proporzione unica, risulterebbe troppo angusto lo spazio destinato ai particolari nel senso dell'altitudine, e la figura riuscirebbe tanto lunga da non potersi abbracciare in un sol colpo d'occhio.

PARTE SESTA.

RACCOLTA DELLE ROCCIE E DEI FOSSILI.

Gli oggetti pertinenti alla geologia di cui si raccomanda al viaggiatore di fare incetta, sono principalmente le roccie ed i fossili. Le roccie si possono raccogliere coi seguenti criteri:

1° Come esemplari di specie e varietà litologiche, e come rappresentanti la costituzione geologica o geognostica di un territorio o di una formazione;

2° Come campioni di materiali utili per le loro applicazioni;

3° Come illustrazione di qualche interessante fenomeno geologico.

Nel primo caso si scelgono di preferenza frammenti che presentino nettamente distinti i caratteri più spiccati del terreno cui appartengono, non però campioni d'aspetto affatto eccezionale che potrebbero indurre in errore.

Si procura che questi frammenti non sieno alterati dagli agenti esterni, e però si staccano dalla roccia viva, dopo averne eliminata la parte superficiale.

Prima di staccare il campione dal masso è bene sperimentare, con alcuni colpi di saggio, se questo sia fragile o tenace, e in quali direzioni si fende più facilmente. Si risparmiano così fatiche inutili.

I frammenti si foggiano poscia, per mezzo di un martello, in parallelopipedi più o meno regolari, ai quali si suol dare una lunghezza di 10 a 12 centimetri, una larghezza di 8 o 10 centimetri ed una spessezza di 2 a 3 centimetri. Coll'esercizio si rende ben presto svelta e sicura la mano in questa operazione. D'altronde, non è necessario che l'acconciatura dei saggi sia fatta in viaggio e dallo stesso raccoglitore.

Le roccie sciolte, come sabbie, ghiaie, terre, si conservano naturalmente in scatole o boccie, e i liquidi in opportuni recipienti di cristallo, muniti di buoni turaccioli.

Di ogni specie o varietà di roccia convien raccogliere non meno di due esemplari.

Allorchè la roccia si considera come materiale utile o suscettibile di diventarlo, si raccoglie secondo i casi in maggior o minor copia, e non si possono prestabilire le dimensioni e le forme degli esemplari.

Lo stesso dicasi del caso in cui una roccia serva a dimostrare un dato fenomeno geologico, o sia scelta come campione di alcuna disposizione o struttura interessante.

Se, a cagion d'esempio, un viaggiatore trova dei ciottoli e dei massi striati, solcati o levigati da un antico ghiacciaio, in una valle da lui visitata, sarà utile che egli ne tolga seco qualche campione, come prova palpabile del fatto. Ma evidentemente, tra gli esemplari suscettibili di essere agevolmente trasportati, egli sceglierà i più caratteristici, indipendentemente dalla forma e dalla mole.

Per la raccolta delle roccie si adoperano principalmente due specie di martelli.

Conviene che uno di questi sia terminato, ad una estremità, in punta un po' arcuata e l'altro sia munito d'un taglio, a spigolo tagliente, parallelo al manico. Il primo deve pesare circa un chilogrammo, pel secondo basta un peso della metà. Bisogna che questi stromenti siano fatti d'acciaio ben temperato e solidamente adattati a robusti manichi.

Sono del pari utilissimi, per lo stesso oggetto, due scalpelli d'acciaio, uno dei quali a punta quadra e l'altro foggiato a cuneo.

Per dar le forme opportune ai campioni, si sogliono adoperare dei martellini cubici di varie dimensioni.

Possiamo considerare i fossili dal punto di vista puramente paleontologico o come elemento per la classificazione dei terreni. Ad ogni modo, importa che sieno estratti dai loro giacimenti senza essere spezzati e pesti, e vengano con grande attenzione spogliati, almeno in parte, dalla terra e dai materiali estranei che abitualmente li rivestono.

Nei fossili, massimamente in quelli appartenenti ad alcuni ordini, si apprezza assai la buona conservazione. Ma ben s'intende che questa è relativa all'oggetto fossilizzato ed alla sua età geologica. Così un'impronta d'insetto, dalla quale sia possibile conoscere il genere o la famiglia cui appartiene, è un *bel fossile, un fossile ben conservato,* mentre una conchiglia in condizioni analoghe si ritiene talvolta un pessimo esemplare.

Parimente, certi modelli di conchiglie, che sarebbero di poco momento se fossero rinvenuti in un terreno recente, diventano importantissimi quando provengano da formazioni paleozoiche.

Un dente di mammifero, trovato in una breccia ossifera quaternaria, sarà cosa volgare, se appartiene ad una specie comune ; potrà essere invece interessantissimo, se spetta ad una specie nuova o rara. Un consimile dente estratto da un terreno assai antico, cretaceo o liassico, diventa per ciò solo preziosissimo a qualunque specie si riferisca.

Moltissime cure e pazienza grandissima si richiedono dal raccoglitore, il quale, scoperto un fossile di grandi dimensioni (per esempio uno scheletro di cetaceo, l'impronta di qualche pianta arborescente od altro simile), ne tenti l'estrazione.

Bisogna che egli sia ad un tempo sollecito e prudente, e sappia apprezzare adequatamente tutte le circostanze favorevoli o nocive alla sua impresa.

Talvolta l'oggetto di cui desidera ardentemente il possesso, ed al quale ha consacrato da lungo tempo le sue fatiche, si riduce in polvere al contatto dell'aria, tal'altra una frana lo schiaccia, o un acquazzone lo stempera nello spazio di poche ore.

Allorchè si raccolgono fossili in un terreno umido, bisogna avvertire di non porli immediatamente in un mezzo molto asciutto, poichè in conseguenza del rapido disseccamento si potrebbero sgretolare.

Quelli che presentano qualche tendenza a frangersi spontaneamente, sotto l'influenza degli agenti esterni, si debbono immergere in una leggiera soluzione di colla di pesce (1). Fu proposto per lo stesso oggetto di spalmarli con una soluzione di silicato di potassa, la quale, prosciugandosi, lascia alla superficie loro come una vernice vitrea (2).

Per procurarsi i fossili minutissimi, disseminati in certi terreni terrosi o sabbiosi, bisogna raccogliere una certa quantità di detriti provenienti da quei terreni, stacciarli con una rete metallica per asportarne le parti più grossolane e farne la scelta col soccorso di una lente.

(1) Questo sistema è soprattutto utile per gli ossami di mammiferi.

(2) Si adopera la soluzione più o meno carica secondo i casi. La sua densità deve corrispondere almeno a 30° dell'areometro di Beaumè.

Altri fossili, che fanno corpo colla pietra in cui sono inclusi, non si possono discernere senza aver subìto una speciale preparazione.

Per verificare l'esistenza di polipai o di spugne in certi calcari molto metamorfici, conviene segare un pezzo della roccia e levigarla. Talvolta si ottiene un risultato più soddisfacente trattando con un acido diluito (acido solforico o nitrico) la superficie levigata del saggio.

Non siamo in grado di prefiggere il numero degli esemplari che si deve raccogliere per ogni specie di fossile, ma possiamo dire in tesi generale che conviene raccoglierne molti, massime quando si tratti di piccole specie e quando si trovino in paese poco esplorato.

Gli stromenti atti alla raccolta dei fossili sono, oltre ai martelli sopra descritti (vedi pag. 313), zappe, picche e marre, le cui forme e dimensioni non possono essere determinate che per ogni caso speciale.

Il raccoglitore deve pure rivolgere la sua attenzione all'imballaggio delle roccie e dei fossili, acciocchè i trasporti non abbiano a danneggiarli. Ogni oggetto, munito di una cartolina, in cui ne sia esattamente registrato il giacimento e la provenienza, dev'essere involto in un foglio di carta; e se il pezzo è fragile, è pur bene che sia circondato di bambagia, di stoppa o d'altra sostanza soffice, prima di fasciarlo nella carta, ed, occorrendo, sia posto in una scatola di legno o di metallo. Gli oggetti piccoli si conservano, acciocchè non siano dispersi, in scatoline, o meglio in tubetti di vetro chiusi ad una estremità e muniti di turacciolo di sughero (1).

Gli involti si dispongono poi accuratamente in una o più solide casse, in istrati divisi l'uno dall'altro da letti di materie soffici (non umide), come muschi, alghe, ritagli di carta, fieno, stoppa, ecc.

Rammenteremo, comunque possa sembrar superfluo, di non mai porre insieme, nella stessa cassa, pezzi fragili e campioni assai pesanti e voluminosi. Abbia presente sempre il raccoglitore che un momento di negligenza nell'imballare le sue collezioni può privarlo del frutto di lunghi e penosi lavori.

Per la determinazione degli esemplari raccolti nelle sue gite, farà ottima cosa il viaggiatore a sollecitare il concorso o l'aiuto di qualche abile specialista.

(1) Tali tubetti si possono acquistare presso tutti i negozianti di vetrerie per laboratori di chimica e costano, secondo le dimensioni, da 5 a 20 cent. cadauno.

INDICE.

CORREZIONI

Alla pag. 11, lin. 24, invece di N 45° E, si legga N 45° O.

Alla pag. 11, lin. 26, invece di N 58. 40 E, si legga N 58.° 40 O e si aggiunga: Trattandosi di una lettura sul semicircolo E, la correzione sarà invece sottrattiva.